



TUGAS AKHIR - SF 141501

**Pengaruh Fraksi Massa Polianilin dan
Barium M Hexaferit Sebagai Material
Penyerap Radar Pada Pelapisan *Single
Layer* Baja AH36**

**Ainul Millah Assyahidah
NRP 1111 100 002**

**Pembimbing
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SF 141501

The Influnence of Polianilin and Barium M Hexaferrite's Mass Fraction as A Radar Absorbing Material on Single Layer Coating of AH36 Steel

**Ainul Millah Assyahidah
NRP 1111 100 002**

**Advisor
Dr. M. Zainuri, M.Si**

**Physics Departement
Faculty Matematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**PENGARUH FRAKSI MASSA POLIANILIN
DAN BARIUM M HEXAFERIT SEBAGAI
MATERIAL PENYERAP RADAR PADA
PELAPISAN *SINGLE LAYER* BAJA AH36**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AINUL MILLAH ASSYAHIDAH
NRP. 1111 100 002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. M. Zainuri, M.Si



SURABAYA, JULI 2015

Pengaruh Fraksi Massa Polianilin Dan Barium M Hexaferit Sebagai Material Penyerap Radar Pada Pelapisan Single Layer Baja AH36

Nama : Ainul Millah Assyahidah
NRP : 11 11 100 002
Jurusan : Fisika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstrak

Material anti radar atau yang sering dikenal sebagai Radar Absorbing Material (RAM) pada dasarnya merupakan material yang mempunyai sifat bahan magnetik, dielektrik dan konduktif. Dimana sifat tersebut mampu untuk mereduksi gelombang elektromagnetik melalui mekanisme polarisasi dipol magnet, secara gelombang melalui mekanisme superposisi yang bersifat destruktif. Pemanfaat bahan baku yang digunakan dari sumber daya alam (SDA) sebagai material magnetik yang berasal dari batuan besi Tanah Laut Kalimantan Selatan, yang direkayasa secara ionik melalui mekanisme kopresipitasi dengan doping ion Zn dan BaCO_3 untuk membentuk struktur Barium M Heksaferit. Selanjutnya dilakukan kalsinasi (pemanasan) pada temperature 1000°C dengan waktu penahan (holding time) selama 5 jam. Sedangkan pembuatan PANi disintesis dari bahan dasar monomer anilin dengan menggunakan metode polimerisasi. Material partikel Barium M-Heksaferit yang dikombinasikan dengan partikel PANi (polimer konduktif) dan diikat oleh resin (cat) untuk dijadikan material komposit isotropik sebagai penyerapan gelombang radar pada daerah X-Band. Pada penelitian ini proses pelapisan RAM menggunakan metode Dallenbach layer pada pelapisan single layer dengan komposisi PANi (polianilin) dan BaM (Barium M Heksaferit) 1 : 1, 1:2, 1:3 dan 2 : 1. Dari hasil pengujian VNA didapatkan penyerapan yang paling baik pada material dengan perbandingan 2 : 1, sedangkan

pada pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) didapatkan ukuran partikel $0.4\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$.

Kata Kunci: Polianilin (PANi), Barium M Heksaferit (BaM), Radar Absorbing Material (RAM), pelapisan Dallenbach layer

The Influence of Polyanilin and Barium M Hexaferrite's Mass Fraction as A Radar Absorbing Material on Single Layer Coating of AH36 Steel.

Name : Ainul Millah Assyahidah
Student Identity : 1111 100 002
Department : Physics FMIPA-ITS
Advisor : Dr. M. Zainuri, M.Si

Abstrac

Radar Absorbing Material (RAM) is basically a material whose characteristics are magnetic, dielectric and conductive. All those characteristics are able to reduce electromagnetic wave through a magnetic-dipole-polarization mechanism, through super-position mechanism whose characteristic is destructive. A usage of a raw material of natural resources, as magnetic material, which is taken from iron stone from Tanah Laut, South Borneo, are changed using an ionic process which through coprecipitation mechanism using Zn and BaCO₃ ion doping in shaping Barium structure M-Hexaferrite. After that, calcinations (heating) is done on 1000 °C with a holding time for 5 hours long. Meanwhile, PANi is synthesized from a basic substance of monomer aniline using polymerisation method. Barium M-Hexaferrite particle material which is combined with PANi (conductive Polymer) are tied by resin (paint) and used as isotopic composite material for absorbing radar on X-Band area. On this research, RAM's coating process using Dallenbach layer method. On single layer coating, the composition of PANi (polianilin) and Bam (Barium M-Hexaferrite) 1 : 1, 1:2, 1:3 and 2 : 1. From VNA test's result we know that the best absorption is got from a material whose ratio is 2 : 1. Meanwhile, the result of Scanning Electron Microscope (SEM) shows that particle's size is 0.4 µm – 0.5 µm

Keyword: Polianilin (PANi), Barium M-Hexaferrite (BaM), Radar Absorbing Material (RAM), Dallenbach layer's Coating.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT yang telah memberikan kesehatan, berkah, rahmat dan petunjuknya atas iman, islam dan ikhsan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan semaksimal mungkin tanpa adanya halangan suatu apapun. Sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada nabi besar Muhammad SAW yang telah menunjukkan dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang.

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan untuk menyelesaikan pendidikan stata satu (S1) jurusan Fisika ITS, dengan judul :

“Pengaruh Fraksi Massa Polianilin Dan Barium M Hexaferrite Sebagai Material Penyerap Radar Pada Pelapisan *Single Layer* Baja AH36”

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan akademik, motivasi, tenaga, pikiran, serta doa dari semua pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimah kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Abdul Manaf dan Ibu Sumainah yang tidak pernah lelah dalam memberikan kasih sayang, doa dan dukungan penuh dalam masa perkuliahan.
2. Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir, yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, motivasi dan nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Dikti yang telah memberikan beasiswa BIDIKMISI kepada penulis selama melakukan studi di Fisika FMIPA ITS.

4. Bapak Prof. Eddy Yahya atas nasehat dan arahan yang diberikat terkait dengan akademik sebagai dosen wali penulis.
5. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. Dan Dr. Melania Suweni M., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Wakil Jurusan Fisika FMIPA ITS,
6. Seluruh Staf Pengajar di Jurusan Fisika ITS.
7. Adik tersayang Haddid Asyraf Azzandani dan Mohammad Firdaus Imawan, yang telah memberikan support kepada penulis.
8. Segenap karyawan Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika ITS, terlebih Pak Sholeh dan Pak selamat.
9. Mbak Umi Nuraini dan Nur Aini Fauziah, yang selalu memberikan wawasan, bekerjasama dalam membuat penelitian serta memberikan dorongan kepada penulis.
10. Mahasiswa Fisika F29 “FOTON 2011” merupakan keluarga pertama penulis di ITS.
11. Semua Tim Radar : Astrid Delia A, Rahmania M, Umi Nuraini dan Tim Batrai Lithium : Yovanita N, Nofyantika W, Metatia, Zuffa, Ali serta Komposit : Ridho F.
12. Hesti Mariyatul F. dan Churroh Childa M. yang membantu dan menyemangati serta memberikan dukungan moral terhadap pengerjaan tugas akhir.
13. Dan semua pihak yang tidak mungkin dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga Allah memberikan balasan dengan sebaik-baik balasan.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan memberikan pengetahuan yang lebih bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Abstrac	vi
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Lampiran	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	3
1.4	Tujuan Penelitian	3
1.5	Sistematika Penulisan	3
1.6	Manfaat Hasil Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Radar	5
2.1.1	Nanokristalin RAM	5
2.1.2	Core-Shell Nanokomposit RAM	6
2.1.3	Nanokomposit dari MWCNT dan Material Inorganik RAM	6
2.1.4	Nanokomposit dari Nanostruktur Karbon dan Polimer RAM	7
2.2	Penyerapan Single Layer	8
2.3	Barium M-Heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)	10
2.3.1	Bahan Softmagnetik	10
2.3.2	Bahan Hardmagnetik	11
2.4	PANi (Polianilin)	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan	17
3.2	Prosedur Kerja	18
	3.2.1 Sintesis Barium M Heksaferit	18
	3.2.2 Sintesis PANi	18
	3.2.3 Pelapisan Single Layer	19
3.3	Karakterisasi Material	20
	3.3.1 X-Ray Diffractometer (XRD)	20
	3.3.2 Fourier Transform Infrared (FTIR)	20
	3.3.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)	21
	3.3.4 Konduktivitas Listrik	22
	3.3.5 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	23
	3.3.6 Vector Network Analyzer (VNA)	24
3.4	Diagram Alir Penelitian	25
	3.4.1 Sintesis Barium M-Heksaferit doping Zn	25
	3.4.2 Sintesis PANi	26
	3.4.3 Pembuatan Komponen Pelapis Baja	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisis Struktur dengan Difraksi Sinar X	29
4.2	Analisis Model Ikatan Molekul	34
4.3	Analisis Sifat Kemagnetan	37
4.4	Analisis Konduktivitas Listrik	39
4.5	Analisis Mikrostruktur Material	41
4.6	Analisis Penyerapan Gelombang Mikro	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
		55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN	59
-----------------	----

BIODATA PENULIS	69
------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Pengujian XRF Pasir Besi Tanah Laut Kalimantan Selatan	30
Tabel 4.2	Data Spektroskopi FTIR	36
Tabel 4.3	Presentasi Persebaran Elemen Penyusun BaM	44
Tabel 4.4	Hasil Nilai Rugi Refleksi Material PANi dan BaM	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Pelapisan Salisbury Screen	9
	(b) Pelapisan Dallenbach Layer dengan pelapisan material yang homogen	9
Gambar 2.2	Bahan Softmagnet	10
Gambar 2.3	Bahan Hardmagnet	11
Gambar 2.4	(a) Struktur Kristal Barium M Heksaferit	12
	(b) Hasil SEM	12
Gambar 2.5	Pola Difraksi $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$	13
Gambar 2.6	Struktur Polianilin Secara Umum Dalam Bentuk basa	14
Gambar 2.7	Struktur Polianilin Pernigranilin	14
Gambar 2.8	Struktur Polianilin emeraldin	14
Gambar 2.9	Struktur Polianilin Leukomeraldin	14
Gambar 2.10	Struktur Garam Emeraldin	15
Gambar 3.1	Pelapisan Material	19
Gambar 3.2	Perangkat XRD	20
Gambar 3.3	Alat FTIR	21
Gambar 3.4	Skema Kerja SEM	22
Gambar 3.5	Prinsip Kerja VSM	23
Gambar 4.1	(a) Pasir Besi Sebelum Pembersihan	29
	(b) Setelah Dilakukan Pembersihan	
Gambar 4.2	Pola Difraksi Pasir Besi Sebelum dan Sesudah Pembersihan	30
Gambar 4.3	Material BaM	32
Gambar 4.4	Pola Difraksi Sinar X Material BaM	33
Gambar 4.5	Pola Difraksi Sinar X PANi	34
Gambar 4.6	Spektrum FTIR BaM dan PANi	35
Gambar 4.7	Kurva Histerisis Magnetik	38
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Konduktivitas Terhadap Frekuensi	40
Gambar 4.9	Hasil Pengamatan dengan SEM perbesaran 1000 kali	42
Gambar 4.10	Hasil Pengamatan dengan SEM perbesaran	42

	35000 kali	
Gambar 4.11	Hasil Pengamatan dengan SEM EDX Partikel BaM	43
Gambar 4.12	Hasil Pengamatan SEM EDX PANi dan BaM	45
Gambar 4.13	Grafik Rugi Refleksi Pelat Baja, Plat Baja + Cat	46
Gambar 4.14	Pelapisan Material PANi dan BaM Dengan Perbandingan 1:1, 1:2, 1:3 dan 2:1	47
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Rugi Refleksi dengan Frekuensi Pada Pelapisan <i>Single Layer</i> dengan Perbandingan PANi dan BaM 1:1, 1:2, 1:3 dan 2:1	48
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Rugi Refleksi dengan Frekuensi Pada Rentan Frekuensi <i>X-band</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Proses Pembuatan Barium M Heksaferit	59
Lampiran B	Proses Pembuatan Polianilin (PANi)	61
Lampiran C	Hasil XRD dengan perangkat lunak Macth	63
Lampiran D	Penghalusan Rietveld dengan Perangkat lunak Rietika pada BaFeZnO	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan *Electromagnetic Interference* (EMI) sangat pesat, seperti meningkatnya sektor industri yang inovatif dari material-material elektronik terutama pada bidang telekomunikasi (*handphone*, laptop, radio, televisi) yang akan memancarkan radiasi gelombang pada frekuensi band gelombang *microwave*. Pemancaran radiasi gelombang mikro pada frekuensi band yang semakin tinggi dalam spektrum elektromagnetik ini akan dibutuhkan sistem kontrol yang lebih baik, sedangkan pada dunia militer, radiasi yang tinggi pada gelombang mikro dengan frekuensi band digunakan untuk visualisasi sasaran dan deteksi terhadap pancaran radar (March, Resived 2008). Perkembangan EMI ini akan memberikan gangguan pada sistem kontrol elektronik serta bahaya bagi sistem biologi pada manusia, sehingga akan diperlukan material dengan sistem penyerapan gelombang radar yang baik (RAM) (sharma, 2008).

Radar (*Radio Detection and Ranging*) merupakan alat yang dapat mendeteksi posisi benda dengan menggunakan pantulan gelombang mikro atau gelombang radio dalam jarak jauh maupun dekat, yang digunakan pada dunia militer dan aplikasi komersil. Deteksi adanya radar ini sesuai dengan RCS (*Radar Cross Section*), dimana RCS merupakan daerah pada target dengan adanya pantulan gelombang elektromagnetik secara sempurna yang menunjukkan jumlah energi yang sama dan akan ditransmisikan kembali ke antena penerima radar (Rezende, C.M 2002).

Perkembangan dalam dunia kemiliteran seperti munculnya teknologi kapal siluman yang tidak terdeteksi adanya radar oleh musuh. Pembuatan kapal ini dilakukan dengan dua cara yakni membuat struktur dan desain kapal yang tidak terdeteksi oleh radar serta memberi pelapisan pada material dengan menggunakan material nano komposit sehingga mampu untuk

melakukan penyerapan yang baik. Material nano komposit ini diambil dari bahan-bahan alam pasir besi yang memiliki sifat *ferromagnetic* (sifat magnetic yang paling kuat) (Saville, 2005)

Barium M Heksaferit dapat dibuat dari bahan alam yakni pasir besi. Pada pasir besi memiliki kandungan senyawa oksida yang besar yakni Fe_2O_3 (Hematit) dan Fe_3O_4 (Ferit). $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ merupakan material hexaferit tipe M yang memiliki sifat kemagnetan, medan anisotropi magnetik, magnetisasi saturasi dan temperatur curie yang tinggi serta memiliki stabilitas dan resistivitas korosi yang baik (Drmota 2010). Sifat kemagnetan pada material barium heksaferit ini berada pada keadaan *hardmagnetic* (magnet keras) yang dapat diubah menjadi *softmagnetic* (magnet lunak) dengan pemberian dopan Zn^{2+} (Ramli, 2011 ; Rosyidah, 2013). Pada penelitian ini konsentrasi Zn^{2+} yang diberikan yakni 0,3, karena memiliki nilai remanensi paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi variasi dopan Zn^{2+} yang lain (Rosyidah, 2013). Polimer konduktif merupakan material yang memiliki nilai konduktivitas yang tinggi dengan adanya pengaruh doping dari partikel magnetik. Salah satu polimer konduktif yakni polianilin (PANi) yang memiliki banyak keuntungan yakni kesederhanaan dalam pembuatan, memiliki kestabilan yang tinggi terhadap oksidasi luar (lingkungan yang stabil), ringan (Khan S. and Shruti peshoria, 2014).

Kandungan Fe_2O_3 (Hematit) dan Fe_3O_4 (Ferit) yang besar ini dapat dimanfaatkan sebagai komponen Barium M Heksaferit yang akan dipadukan dengan material konduktivitas (PANi) sebagai material penyerap radar yang baik. Material penyerap radar ini akan dilapiskan pada baja kapal grade A tipe A H36 dengan pelapisan single layer. Pada pelapisan single layer ini dilakukan dengan variasi massa pani dan barium M heksaferit dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini yakni bagaimana pengaruh dari perbandingan fraksi massa

Polianilin (PANi) dan Barium M Heksaferit (BAM) sebagai bahan Radar Absorbing Material (RAM) pada pelapisan single layer.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

- a. Material Barium M Heksaferit dibuat dengan sintesis batuan besi Tanah Laut Kalimantan Selatan
- b. Material Barium M Heksaferit dilakukan pemberian dopan Zn^{2+} dengan variabel $x = 0,3$ akan dihasilkan ($\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$) yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi dengan temperatur kalsinasi $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan pemberian *holding time* (waktu penahanan) 5 jam.
- c. Material PANi dilakukan sintesis senyawa kimia dengan pemberian dopan DBSA
- d. Pelapisan single layer dengan metode *Dallenbach layer*.
- e. Pelapisan single layer dengan perbandingan PANi dan Barium Heksaferite 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan material penyerapan radar absorbing material yang baik dari pemberian fraksi massa pada PANi (Polianilin) dan Barium M Heksaferit pada frekuensi *X-band*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

- BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab 1 ini berisi tentang latar belakang dalam penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan hasil penelitian

- BAB II DASAR TEORI

Pada bab II hal-hal yang dibahas meliputi teori yang digunakan sebagai landasan penyusunan Tugas Akhir.

- **BAB III METODOLOGI**

Dalam metodologi ini merupakan langkah-langkah kerja yang dilakukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

- **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab analisa data dan pembahasan ini berisi analisa data dan pembahasan hasil pengukuran berdasarkan teori-teori yang ada.

- **BAB V PENUTUP**

Merupakan bagian penutup Tugas Akhir yang meliputi kesimpulan dan saran

1.6 Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian tugas akhir ini akan bermanfaat di berbagai pihak diantaranya, penulis, pembaca, laboratorium dan industri. Pada penelitian ini akan dihasilkan material anti radar dengan pelapisan *single layer* menggunakan metode *Dallenbach layer*. Dilakukan perbandingan fraksi masa PANi (polianilin) dan BaM (Barium M heksaferit) yakni 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1, yang akan dihasilkan penyerapan yang baik terhadap gelombang mikro dengan *reflection loss* yang kecil. Sehingga penelitian ini dapat diaplikasikan pada teknologi pesawat terbang, tank, kapal selam dan teknologi militer yang lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radar

Radar (*Radio Detection and Ranging*) merupakan metode penglihatan gelombang elektromagnetik yang meliputi pemancaran gelombang elektromagnetik dari sensor ke target dan mengukur sinyal pantulan (*backscatter*) yang dihasilkan. Adapun pemanfaatan radar pada dunia militer yakni menentukan dan mendeteksi adanya objek pada malam hari serta untuk navigasi pesawat. Gelombang radar termasuk pada gelombang mikro yang merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 1 mm - 30 cm, sedangkan gelombang radar dalam spectrum gelombang terletak antara radiasi inframerah dan radiasi UHF (*Ultra High Frekuensi*), dengan spesifikasi pada radiasi inframerah memiliki panjang gelombang lebih kecil dari 1 mm dan pada UHF memiliki panjang gelombang lebih dari 30 cm (Rezende, C.M 2002).

RAM (*Radar Absorber Material*) merupakan material penyerap radar dengan sifat magnetik yang tinggi dan kerugian listrik (*loss elektrik*) yang rendah, serta memiliki keunikan dalam penyerapan gelombang mikro dan mengurangi gelombang elektromagnetik secara efektif, sehingga diharapkan material ini dapat diaplikasikan pada teknologi pesawat terbang, gangguan gambar televisi yang meningkat, gelombang mikro dan sebagai perlindungan. Desain material yang digunakan untuk RAM adalah penyerapan gelombang mikro pada lebar frekuensi yang dilakukan dengan pelapisan yang tipis. RAM memiliki 4 tipe yakni nanokristalin RAMs, Core-shell nanokomposit RAMs, nanokomposit dari MWCNT dan material inorganik RAMs, nanokomposit karbon dan polimer RAMs.

2.1.1. Nanokristalin RAM

Pada permukaan area, nomor dari ikatan atom dan koordinat permukaan pada semua keadaan meningkat dari

partikel nanokristalin dengan ukuran nanometer. Pada material nanopartikel dengan ukuran 80 nm dapat melakukan penyerapan gelombang mikro dengan frekuensi yang rendah dan frekuensi *band* yang tinggi pada rentan jarak 2-18 GHz (Zhou, 2007). Penyerapan gelombang mikro yang efektif terjadi pada material dengan ketebalan 2,6 mm yang memiliki *peak* penyerapan gelombang mikro 13 dB pada frekuensi 6,7 GHz dan penyerapan pada daerah bandwidth yakni 10 dB dengan frekuensi 1,8 GHz. Pada sintesis nanokristalin $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, penambahan sistematis (secara teratur) pada keadaan reflection loss (RL) terlihat pada saat pemancaran dari Ku band frekuensi minimum yakni -4,21 dB sampai -14,45 dB dan pada keadaan Ku band frekuensi maksimum terdapat -15,20 sampai -53,69 dB.

2.1.2. Core-Shell Nanokomposit RAM

Berawal dari permasalahan yang ditimbulkan oleh EMI (*Electromagnetic Interference*), sehingga timbul RAM dengan kemampuan penyerapan yang baik serta memiliki sifat listrik dan sifat dipole magnet yang baik. Komponen dari penyerapan energi yang dipancarkan oleh gelombang mikro tidak cukup dari material dielektrik atau material magnetik saja, melainkan diperlukan material yang memiliki kedua sifat tersebut yakni sifat dielektrik dan sifat magnetik sehingga akan didapatkan nilai efisiensi yang tinggi dalam penyerapan, dikarenakan permittivitas kompleks dan permeabilitas yang bernilai nol. Pada keadaan CNWCFs (*Cupric Oxide-Nanowire-Covered Carbon Fibers*) memiliki dua *peaks* (puncak) frekuensi yakni pada jarak frekuensi 4 – 13 GHz dan frekuensi 14 – 18 GHz, serta memiliki frekuensi penyerapan dan band width dengan kenaikan ketebalan pada titik optimum yakni 1 – 1.3 mm (J. Zeng, 2009).

2.1.3. Nanokomposit dari MWCNT dan material inorganik RAMs

Pemurnian MWCNT dilakukan lebih dari 40 kali antara frekuensi 2 dan 8 GHz, bahkan bisa terjadi pembersihan sebanyak

100 kali dibawah frekuensi, nilai refleksi loss yang didapatkan kecil, karena bergantung dari nilai impedansi, dimana impedansi yang terdistribusi dari bahan penyerap tersebut harus bernilai sama dengan ruang bebas yakni ($377 \Omega/\text{q}$) untuk mendapatkan zero refleksi pada permukaan. Ketika $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ditransformasikan ke $\text{Fe}/\text{Fe}_3\text{C}$ dengan diberikan perlakuan panas 950°C , penyerapan gelombang mikro dari komposit ini akan meningkatkat antara 2 dan 18 GHz, sehingga nilai refleksi loss yang panjang dari 3 dB berkisar antara 4,6 dan 18 GHz dengan nilai maksimum 12,57 dB pada frekuensi 9,2 GHz. Hasil dari ditingkatkannya nilai kerugian magnetik (magnetic loos) dan karakteristik impedansi yang baik, bukan adanya kerugian listrik. Komposit MWCNT ini akan menunjukkan hubungan terbaik dengan adanya peningkatan ketebalan dan bahan penghambat yang tinggi sehingga gelombang akan meningkat dari 11 (berada pada frekuensi 12,40 GHz) sampai 13,88 (berada pada frekuensi 4,60 GHz), keadaan ini akan terjadi jika ketebalan lapisan diperkecil hingga 1,5 mm sampai 3,5 mm. MWCNT ini juga dapat digunakan untuk memodulasi parameter elektromagnetik dan mengetahui penyerapan gelombang mikro secara maksimum sekitar -21,58 dB pada frekuensi 9,4 GHz di berbagai gelombang X Band dengan ketebalan 2 mm, sedangkan pada keadaan bandwith dari refleksi bawah gelombang terjadi pada -5 dB berada pada frekuensi 3,50 GHz sampai -10 dB berada pada frekuensi 1,58 GHz (L. Zhang, 2008)

2.1.4. Nanokomposit dari Nanostruktur karbon dan polimer RAM

Telah dipelajari secara luas bahwa dalam penyusun RAM (*Radar Absorbing Material*) yakni CNT (*Nanotube carbon*) dan Polimer (PET, PP, PE dan Vernis) karena sifat fisik dan sifat kimia yang mampu untuk melakukan penyerapan gelombang mikro pada berbagai frekuensi (GHz). Pada CNT/PET Penyerapan gelombang maksimum terjadi pada 17,61 dB dan refleksi loss lebih besar dari 5 dB antara frekuensi 5 GHz dan 18

GHz, pada CNT/Vernis penyerapan maksimum terjadi pada 24,27 dB sedangkan pada CNT/PE memiliki penyerapan maksimum pada 8,01 dB, pada CNT/(PET,PP,Vernis) dapat melakukan penyerapan melebihi 5 dB (Wang, 2011).

2.2 Penyerapan Single Layer (*Single Layer Absorbers*)

Pada pelapisan single layer ini terdiri dari dua macam pelapisan yakni dengan metode Salisbury screen dan metode Dallenbach layer. Dimana pada keadaan Salisbury screen ini lapisan tipis dari bahan resistif dipisahkan dari logam dengan busa atau bahan dielektrik yang lain dengan ketebalan d serta dapat bekerja sebagai penyerapan gelombang elektromagnetik yang sempurna (tidak terdapat daya yang dipancarkan) untuk keadaan normal. Jika lebar resistansi memiliki lebar resistif yang tipis yakni 377Ω , sama seperti nilai impedansi intrinsik pada keadaan vakum yaitu:

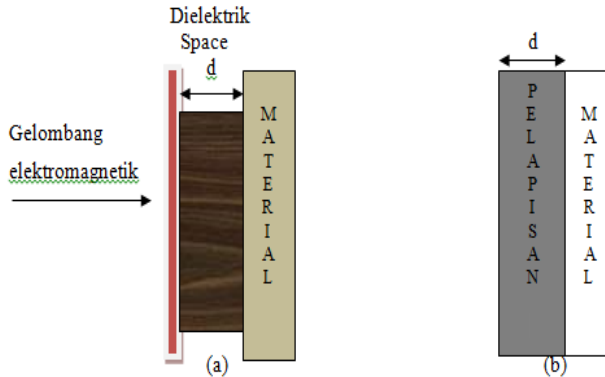
$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan E dan H adalah medan listrik dan medan magnet, sedangkan μ_0 dan ϵ_0 merupakan nilai permitivitas dan permeabilitas pada ruang hampa.

Pada keadaan pelapisan Dallenbach layer, nilai ketebalan yakni kelipatan ganjil dari seperempat panjang gelombang seperti dibawah ini :

$$d = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}, \text{ dengan } n = 0, 1, 2, \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan cara yang sama pelapisan Salisbury screen bekerja dengan baik pada pemantulan dengan ketebalan multilayer pada setengah panjang gelombang (K.L. Ford, 2001).



Gambar 2.1 pelapisan single layer a) pelapisan Salisbury screen dan b) pelapisan Dallenbach layer dengan pelapisan material yang homogen

Pelapisan Dallenbach terdiri dari pelapisan yang sama dengan struktur pelapisan material yang dilakukan pencampuran secara homogen. Pada keadaan ini, pemantulan yang terjadi disebabkan karena adanya perbandingan nilai impedansi antara jarak dengan impedansi intrinsik material, sehingga akan didapatkan nilai koefisien refleksi (RL) sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$RL = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \frac{\frac{Z}{Z_0} - 1}{\frac{Z}{Z_0} + 1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Penyerapan material dielectric dengan ketebalan d yang dilakukan pada pelapisan logam dalam keadaan normal, Apabila terjadi kesamaan nilai permitivitas dan permeabilitas ($\mu_r = \epsilon_r$) maka tidak terjadi pemantulan pada permukaan material, nilai normalisasi impedansi intrinsik dapat dicari dengan persamaan :

$$Z = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.4)$$

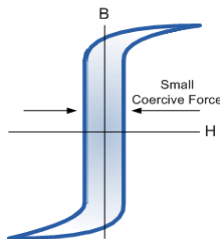
Pelapisan *Dallenbach layer* banyak digunakan pada aplikasi militer dengan desain RAM yang dibuat dengan pencampuran material secara homogen serta pelapisan yang optimal akan dihasilkan rentan frekuensi 300 – 3000 GHz (Saily, Raisanen 2003)

2.3 Barium M-Heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)

Ferite umumnya digunakan untuk menggambarkan kelompok dari senyawa oksida magnetik yang mengandung komponen utama zat besi oksida, contohnya Fe_3O_4 (magnetik) sebagai magnet murni yang dapat diklasifikasikan menurut struktur kristal yakni cubic dengan struktur hexagonal ferit. Bahan magnetik ini dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni softmagnetik dan hardmagnetik.

2.3.1. Bahan Softmagnetik

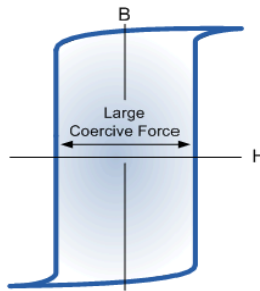
Bahan *softmagnetic* merupakan bahan magnet lemah yang dapat dengan mudah untuk menjadi magnet dan mudah untuk mengalami kerusakan magnet (hilangnya sifat kemagnetan). Keadaan *softmagnetic* ini dapat mempertahankan sifat kemagnetannya jika terdapat medan magnet disekitarnya, sehingga magnetisasi mengikuti fariasi dari bidang yang digunakan tanpa kehilangan karakteristik kurva histerisisnya, dimana kurva histerisis berbentuk pipih yang menunjukkan adanya energi yang hilang saat melakukan proses magnetisasi rendah.



Gambar 2.2. Bahan Softmagnet

2.3.2. Bahan Hardmagnetik

Bahan *hardmagnetic* dapat dikatakan sebagai magnet permanen yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet yang kuat tanpa menerapkan/menjalankan arus, sehingga didapatkan nilai koersifitas yang tinggi dengan nilai demagnetisasi yang kuat dan stabil ketika diberikan medan magnet luar serta memiliki sifat magnetic anisotropic. Dapat dilihat pada karakteristik kurva histeresis dari bahan ini yakni mempunyai kurva histeresis dengan bentuk cembung karena energy yang hilang pada saat proses mengetisasi tinggi sehingga akan nilai koersifitas yang dihasilkan tinggi.

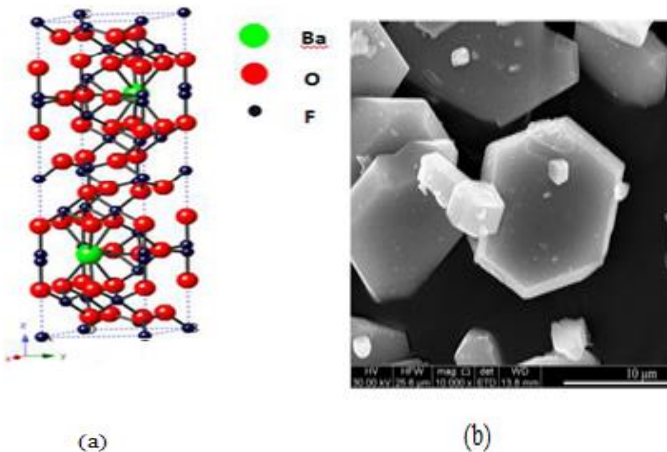


Gambar 2.3. Bahan Hardmagnet

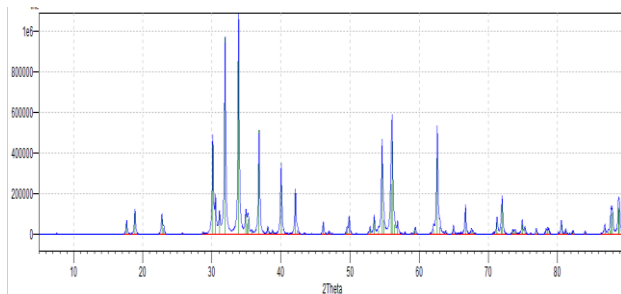
Diantara bahan magnet permanen yang penting yakni bahan magnet keras (ferrite), dimana ferrite memiliki 6 tipe yakni M, W, X, Y, Z, U (Gill, B. S, 2012) pada ferrite tipe M dengan formula $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) disebut juga material barium hexaferrite dengan sifat kemagnetan yang tinggi (Ferrimagnetik) dengan lima ion Fe yang menempati kisi berbeda. Keadaan ferrimagnet ini memiliki nilai magnetic saturasi dan koersifitas magnetik yang tinggi diantara keadaan ferrite yang lain, sehingga mampu untuk dijadikan magnet yang permanen, penyimpanan data komputer, media magnetik recording, fluida magnet serta peralatan gelombang mikro. Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh barium hexaferrite ini tergantung pada mekanis medan proses

pembuatan yang dilakukan. Diantara sifat-sifatnya yakni memiliki nilai anisotropi magnetokristalin, temperature curie dan saturasi magnet yang besar (priyono and musniah yani, 2010). Sifat magnetik pada M tipe ferrite (BAM) ini dibagi menjadi dua yakni sifat primer dan sifat sekunder, dimana sifat primer terdiri dari nilai magnet saturasi dan magnetokristalin anisotropi dalam keadaan konstan yang secara langsung berhubungan dengan struktur magnetik, sedangkan sifat magnet sekunder terdiri dari kekuatan medan magnet anisotropi dan spesifik energi domain yang berasal dari sifat primer (Gill, B. S, 2012).

Barium heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dapat terlihat pola difraksi dengan kode data base 1008326 yang mengacu pada data *Cystallographic Information File* (CIF), kemudian dimasukkan pada *software* Diamond sehingga akan didapatkan informasi sistem kristal hexagonal yang sesuai dengan nilai space group P 63 / mmc dengan nilai (194), dengan cell parameter $a=b=5.929(1) \text{ \AA}$ dan $c=23.413(1) \text{ \AA}$, ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.4. (a) struktur Kristal $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan kode data base 1008326 CIF, (b) Hasil SEM (Xu Fenfang, 2014)



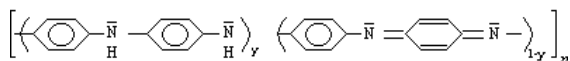
Gambar 2.5. pola difraksi $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan software Diamond

2.4 PANi (Polianilin)

Perkembangan bahan polimer konduktif intrinsik dimulai pada tahun 1977 yakni poliasetilen, polianilin dan polipirol. Diantara bahan polimer konduktif ini, polianilin memiliki kedudukan yang paling baik, dikarenakan nilai konduktivitas yang tinggi dan keadaan yang stabil mencapai $10 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ dengan fasa garam emeraldin, sehingga polianilin berpotensi tinggi sebagai bahan produksi komersial, (Wibowo, 2007). Pembuatan polimer konduktif ini dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, diantaranya proses polimerisasi atau doping dengan proses kimiawi, proses polimerisasi yang dilakukan dengan proses kimiawi serta proses doping dilakukan dengan proses elektrokimia dan proses polimerisasi atau doping dilakukan dengan proses elektrokimia, (Asrori, 2000)

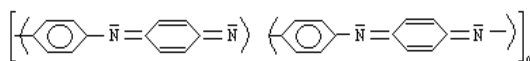
Polianilin adalah molekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia monomer Anilin ($\text{C}_6\text{H}_5 \text{NH}_2$), yang bergabung dengan cara ikatan kovalen, sehingga akan terbentuk polianilin dalam bentuk film tipis atau serbuk dengan cara kimia. Polianilin mempunyai lima fasa yakni basa leukoemeraldin, garam leukoemeraldin, basa emeraldin, emeraldin teroksida dan garam emeraldin. Struktur molekul PANi menghasilkan enam puncak dalam spektrum serapan inframerah pada bilangan gelombang 1030 dan 1316 cm^{-1} . Struktur kimia polianilin secara umum bersifat isolator serta terdapat dua gugus yakni gugus tereduksi

dan gugus teroksidasi, dengan cincin benzena (benzoid) dan cincin quinoid yang dihubungkan satu dengan yang lain oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan amin (terhibridisasi sp^3) dan ikatan imin (terhibridisasi sp^2), yang dapat dilihat dibawah ini :



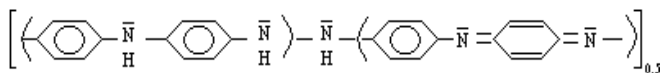
Gambar 2.6 struktur polianilin secara umum dalam bentuk basa

Pada struktur polianilin indeks y menunjukkan tingkat oksidasi dari basa polianilin yang nilainya berkisar dari 0 sampai 1 ($0 \leq y \leq 1$), besarnya nilai y akan menghasilkan struktur polianilin yang berbeda pula. Apabila nilai $y = 0$ maka terdapat gugus teroksidasi penuh yang menghasilkan polianilin bentuk basa pernigranilin, dengan struktur kimia di bawah ini :



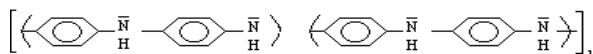
Gambar 2.7 struktur polianilin pernigranilin

sedangkan apabila $y = 0.5$ memiliki gugus tereduksi dan teroksidasi dalam bentuk yang sama (setengah teroksidasi) akan menghasilkan bentuk basa emeraldin, dengan struktur kimia dibawah ini :



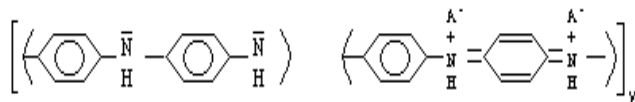
Gambar 2.8 struktur polianilin emeraldin

Untuk $y = 1$ memiliki gugus tereduksi penuh pada struktur basa leukomeraldin, struktur kimia dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 2.9 struktur polianilin leukomeraldin

Keempat bentuk oksidasi polianilin ini bersifat osilator dan hanya garam emeraldin yang memiliki sifat konduktif dengan cara protonasi (perlakuan asam) nitrogen yang berikatan imin dengan cincin quinoid dari gugus teroksidasi dalam basa emeraldin. Sehingga akan menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation karena adanya dopan A^- seperti (Cl^- , $H_2SO_4^-$, BF_4^- , dan sebagainya) masuk ke dalam polimer dan berikatan dengan kation yang muncul dalam rantai, dengan lambang $[(-B-NHB-NH-)(-B-NH^+=Q=NH^+-)(2A^-)]_n$, struktur garam emeraldin dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2.10 struktur garam emeraldin

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur 10 ml, gelas beker 100 ml, 250 ml, 500 ml, pipet, spatula kaca, spatula logam, corong plastik, corong kaca, pipet, aluminium foil, kertas saring, kertas label nama, mixer, tisu, mika, hot plate, *ultrasonic cleaner*, pengaduk magnetic (*magnetic stirrer*), *Furnace Nabertherm*, timbangan digital, kertas pH, krusibel alumina, mortal keramik, labu ukur,. *X Ray Diffractometer* (XRD) digunakan untuk mengetahui identifikasi fasa, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk mengetahui ikatan-ikatan yang akan terbentuk, *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk mengetahui mikrostruktur atau struktur morfologi bahan, *konduktifitas listrik* digunakan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari bahan, *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) digunakan untuk mengetahui kurva histerisis magnetisasi suatu bahan, *Vector Network Analyzer* (VNA) digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 yang berasal dari pasir besi Kalimantan Selatan, Barium Karbonat (BaCO_3) (ACS reagent grade, MP Biomedicals, LLC), serbuk Zn (pro analis, Merck), *Hydrochloric Acid* (HCl) 37 % (pro analis, Merck), Alkohol 96 %, Aquades, NH_4OH (pro analis, Merck), *Dodecyl Benzene Sulfonic Acid* (DBSA), plat baja grade A tipe AH36, cat kapal Aghata, *thinner*, Aseton.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Sintesis Barium M Heksaferit

Sintesis Barium M-heksaferit doping ion Zn^{2+} dengan $x = 0.3$ ($\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$) menggunakan metode kopresipitasi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. pasir besi yang mengandung Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 dilarutkan dalam HCl selama 1 jam, kemudian disaring, hasil saringan inilah yang akan digunakan.
- b. Serbuk Zn dilarutkan dengan HCl dengan suhu 70°C .
- c. Serbuk BaCO_3 dilarutkan dalam HCl sampai terbentuk larutan bening selama 1 jam.
- d. Larutan Zn dan BaCO_3 yang sudah terbentuk dicampur dengan menggunakan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*) selama 30 menit dalam suhu 70°
- e. Larutan a dan d dicampur dan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C selama 30 menit, dimana keadaan $\text{pH} = 3$ (dalam keadaan asam).
- f. Ditambahkan larutan NH_4OH secara perlahan untuk membentuk endapan dengan keadaan $\text{pH} 13$ (keadaan basa).
- g. Endapan yang terbentuk dicuci dengan aquades (air destilasi) sampai $\text{pH} = 10$ dan dikeringkan pada temperature 100°C , sehingga akan didapatkan precursor BaM (barium M-heksaferit).
- h. Dilakukan kalsinasi pada precursor yang terbentuk dengan temperature 1000°C dan pemberian holding time (waktu penahan) selama 5 jam untuk didapatkannya kristalin BaM.

3.2.2 Sintesis PANi

Sintesis PANi dengan menggunakan metode polimerisasi in situ dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Anilin dan DBSA (*Dodecyl Benzene Sulfonic Acid*) dilarutkan dalam air destilasi selama 30 menit dengan diaduk menggunakan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*) hingga warna menjadi putih.

- b. Ammonium peroksdisulfat (APS) dilarutkan dalam air distilasi selama 15 menit sehingga akan terbentuk larutan yang bening.
- c. Proses polimerisasi terbentuk dengan menambahkan Larutan a didinginkan hingga temperature 0 °C pada gelas labu dan distirer, kemudian ditetesi dengan larutan inisiator (APS) samapai terbentuk larutan berwarna hijau tua.
- d. Larutan PANi yang terbentuk disaring dan dicuci dengan menggunakan aseton 10 ml dan aquades (air distilasi) 10 ml sampai air pencucinya bening, kemudian dikeringkan diatas mika.

3.2.3 Pelapisan *single Layer*

Pelapisan single layer dapat dilakukan dengan :

- a. Pengadukan cat kapal Aghata dan material PANi dan BAM dengan perbandingan material 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1, yang dilakukan dengan cara pencampuran mekanik. Pengadukan ini dilakukan selama 10 menit sampai terbentuk campuran yang homogen dengan alat pencampur berkecepatan ± 8000 rpm.
- b. Setelah proses pengadukan selesai, kemudian bahan dilapiskan pada plat baja grade A tipe AH36 secara merata.

Desain percobaan pada pelapisan single layer dengan metode *Dallenbach layer* dengan ketebalan 2 mm, seperti gambar berikut:



Gambar 3.1 pelapisan material

3.3 Karakterisasi Material

3.3.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD (X-Ray Diffraction) bertujuan untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada material dengan sumber radiasi yang diberikan yakni Cu α dengan panjang gelombang 1,54056 Å. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Philips X'Pert MPD (*Multi Purpose Diffractometer*) di Lembaga Pusat Penelitian Material (LPPM) Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan pada hasil sintesis BAM (*Barium M-heksaferit*) dengan rentang sudut 15° - 65° . Pada pola difraksi yang dihasilkan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan software Match untuk menganalisis data kualitatif, sedangkan untuk data kuantitatif digunakan software Rietica.



Gambar 3.2 perangkat XRD

3.3.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

FTIR merupakan alat yang digunakan untuk karakterisasi bahan polimer dengan mengetahui gugus fungsi atau ikatan-ikatan yang terbentuk dengan mengukur frekuensi vibrasi molekul dengan sinar inframerah. Prinsip dari FTIR ini menggunakan metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi forier untuk menganalisa hasil spectrum

yang didapatkan. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi (berdasarkan perbedaan penyerapan radiasi inframerah) dengan syarat adanya kesesuaian dengan frekuensi vibrasi molekul sampel dan perubahan momen dipol selama melakukan vibrasi. Pada penelitian ini digunakan FTIR untuk mengetahui terbentuknya ikatan pada PANi, pengujian ini dilakukan di Laboratorium kimia FMIPA ITS.

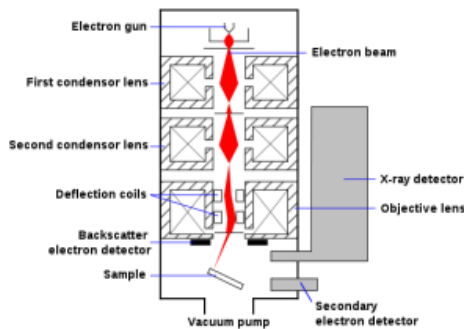


Gambar 3.3 Alat FTIR

3.3.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu alat uji material yang digunakan untuk menguji struktur mikroskopik dengan cara memindai permukaan uji dengan menggunakan sinar elektron berenergi tinggi. Elektron-elektron ini akan berinteraksi dengan atom-atom sehingga material dapat memberikan informasi tentang topografi permukaan material, komposisi material yang dihasilkan berskala micron. Metode deteksi yang digunakan yaitu dengan pencitraan elektron sekunder (*secondary electron*) sehingga akan menghasilkan gambar dengan resolusi yang sangat tinggi dari permukaan, menghasilkan tampilan karakteristik tiga dimensi. Adapun cara kerja SEM yakni sinar elektron dipancarkan dari elektron gun yang dilengkapi dengan filament tungsten (memiliki titik lebur yang tinggi dan tekanan uap yang rendah) sehingga jika dipanaskan akan terjadi emisi termionik (pelepasan ion karena panas), sinar difokuskan

oleh satu atau dua lensa kemudian akan melewati *scanning coil* (yang akan membelokkan sinar), ketika sinar electron berinteraksi dengan material, maka electron akan kehilangan energy yang disebabkan adanya electron berhamburan secara acak. Pertukaran energy yang terjadi adanya refleksi energy tinggi electron pada hamburan yang elastis, hamburan inelastic dan emisi radiasi elektromagnetik yang masing-masing didekatkan pada detector. Pengujian SEM ini dilakukan pada material BAM dan sesudah dilakukan pelapisan *single layer* pada permukaan plat baja,



Gambar 3.4 Skema kerja SEM

3.3.4 *Konduktifitas Listrik*

konduktifitas listrik digunakan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari bahan (PANi) yang dilakukan pengujian di BATAN, serpong menggunakan LCR meter HIOKI 3522-50 LCR HiTESTER. Prinsip kerja yang digunakan yakni adanya tegangan yang diberikan, adanya arus yang mengalir dan sudut fase yang ditimbulkan oleh tegangan dan arus dan adanya kecepatan sudut yang sesuai dengan frekuensi pengujian. Frekuensi uji yang digunakan sesuai dengan bahan yang digunakan. Pada pengujian ini digunakan frekuensi 1 Hz sampai 100.000 Hz dengan tegangan 1 V serta resolusi yang tinggi. Sehingga akan dihasilkan nilai konduktivitas listrik dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{G \times t}{A}$$

Dimana σ = Konduktivitas sampel S/cm

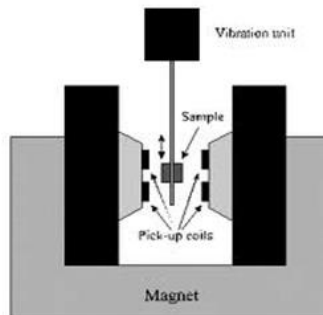
G = Konduktansi (S)

A = luas sampel (cm²)

T = tebal sampel (cm)

3.3.5 *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

Pengujian *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dilakukan untuk mengetahui kurva histerisis magnetisasi suatu bahan. Pengujian ini dilakukan di BATAN dengan tipe OXFORD dengan fungsi medan luar yang diberikan 1.2 H, sehingga diperoleh informasi mengenai besaran-besaran sifat kemagnetan yang ditampilkan dalam bentuk kurva histerisis. Prinsip kerja dari VSM ini menggunakan metode induksi, dimana sampel yang akan diukur magnetisasi akan dipasang pada ujung bawah batang kaku yang bergetar secara vertical dalam lingkungan medan magnet luar H. Jika sampel tersebut termagnetisasi secara permanen ataupun hanya mendapatkan respon dari adanya medan luar yang diberikan, sehingga akan terdapat perubahan garis gaya magnet. Pengujian ini dilakukan pada sampel Barium M-Heksaferit.



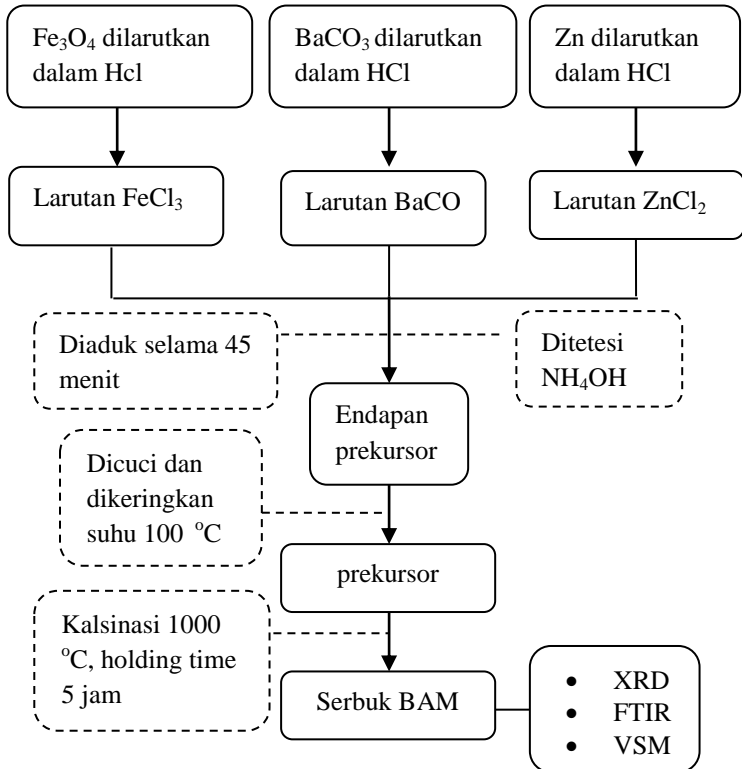
Gambar 3.5 Prinsip kerja VSM

3.3.6 *Vector Network Analyzer (VNA)*

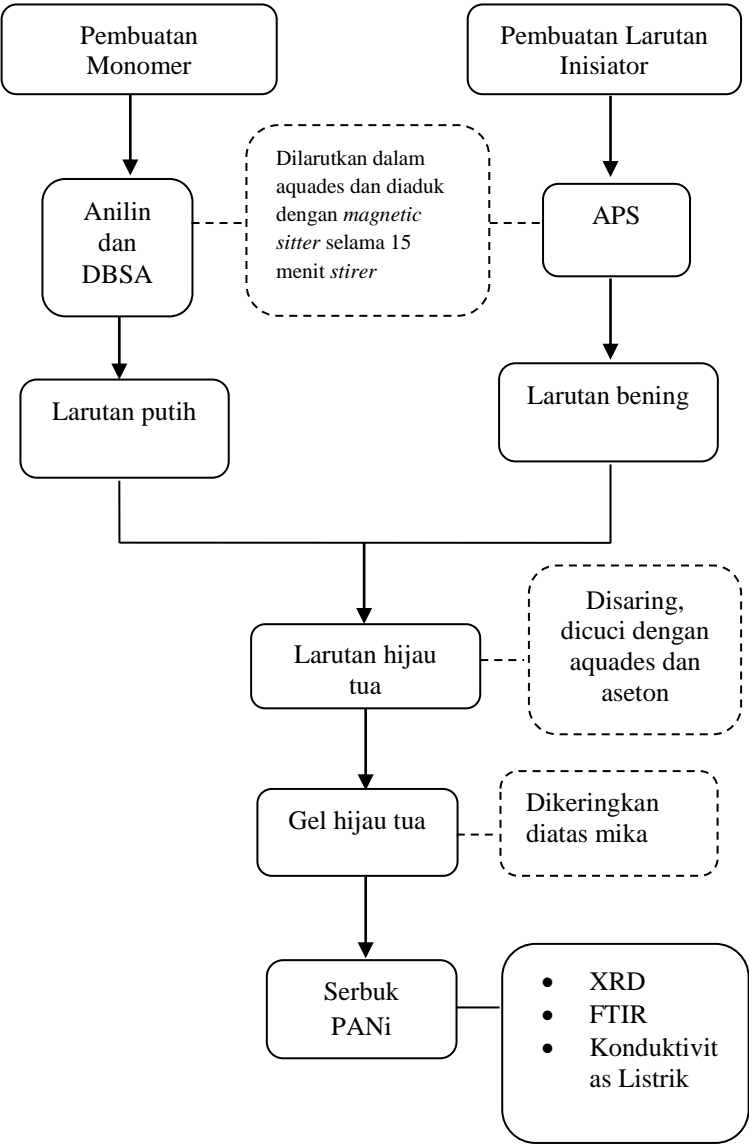
Pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10 MHz sampai 110 MHz. Pada pengujian ini akan didapatkan nilai *reflection loss* yang menunjukkan besar daya serap pada suatu material terhadap gelombang mikro. Parameter *scattering* tergantung pada nilai refleksi dan transmisi dengan (S_{11}^*) dan (S_{21}^*). Pengujian ini dilakukan di LIPI Bandung dengan menggunakan VNA ADVANTEST tipe-3770, yang dilakukan pada sampel pelapisan material dengan perbandingan PANi dan BAM dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1.

3.4 Diagram Alir penelitian

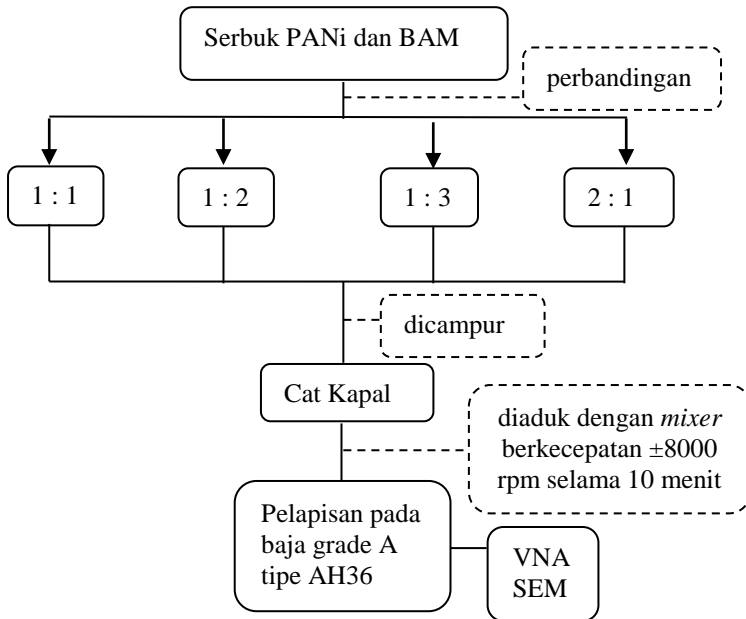
3.4.1 Sintesis Barium M-heksaferit doping Zn



3.4.2 Sintesis PANi



3.4.3 Pembuatan komponen pelapis baja



“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Struktur dengan Difraksi Sinar X

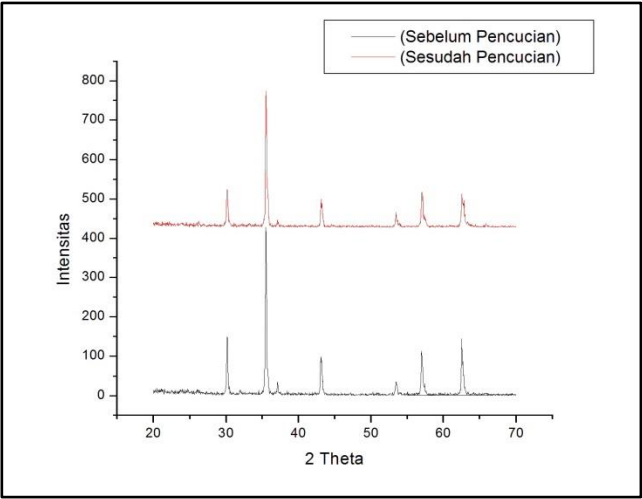
Pembuatan bahan dasar Barium M-Heksaferit dibuat dari bahan alam yakni batuan besi Tanah Laut Kalimantan Selatan yang diekstrak menjadi pasir besi. Batuan besi Kalimantan Selatan ini memiliki tingkat kemurnian Fe (Ferit) yang sangat tinggi, sehingga sangat baik digunakan sebagai bahan dasar Barium M Heksaferit (BaM). Dari hasil pengujian XRF pada tabel 4.1, dihasilkan tingkat kemurnian Fe yang tinggi sebelum pencucian sebesar 92.16 % dibandingkan dengan unsur-unsur yang lain seperti Si, Ca, P, Cr, Mn, Fe, Cu, Br, Re, La, Al, Os, Zn, Ni, (Sukma, 2014). Dari komposisi tersebut dilakukan pembersihan menggunakan media *ultrasonic clenear* dan Alkohol 96 %, yang akan meningkatkan unsur Fe menjadi 98.51%. Pembersihan ini bertujuan untuk menghilangkan komponen mineral yang tidak diinginkan dalam penelitian ini.



Gambar 4.1 (a) pasir besi sebelum pembersihan dan (b) setelah dilakukan pembersihan

Hasil pengujian difraktometer pada pasir besi sebelum dan sesudah proses pemurnian ditunjukkan pada Gambar 4.2, yang

mengidentifikasi puncak keseluruhan fasa adalah magnetik (Fe_3O_4).



Gambar 4.2 pola difraksi pasir besi sebelum dan sesudah pembersihan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian XRF (*X-Ray Flourescence*) Pasir Besi Tanah Laut Kalimantan Selatan

No	Unsur	Sebelum pencucian (%)	Sesudah pencucian (%)
1.	Fe	92,16	98,51
2.	Si	2,2	0,3
3.	Ca	0,16	0,14
4.	P	0,1	0,1
5.	Cr	0,09	0,09
6.	Mn	0,19	0,19
7.	Cu	0,33	0,15
8.	Br	0,46	-
9.	Re	0,04	-

10.	La	0,04	0,07
11.	Al	3	-
12.	Os	0,2	-
13.	Zn	0,06	-
14.	Ni	0,59	0,59

Pasir besi yang telah didapat akan disintesis menjadi Barium M-Heksaferit dengan menggunakan metode kopresipitasi (pengendapan), dimana metode kopresipitasi memiliki tingkat kemurnian yang tinggi. Proses pengendapan sangat sederhana sehingga mudah dilakukan pemisahan pada suhu rendah serta waktu yang dibutuhkan cepat. Untuk didapatkan serbuk Barium M-heksaferit dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut, dilarutkan Fe_3O_4 , BaCO_3 dan Zn masing-masing kedalam HCl.

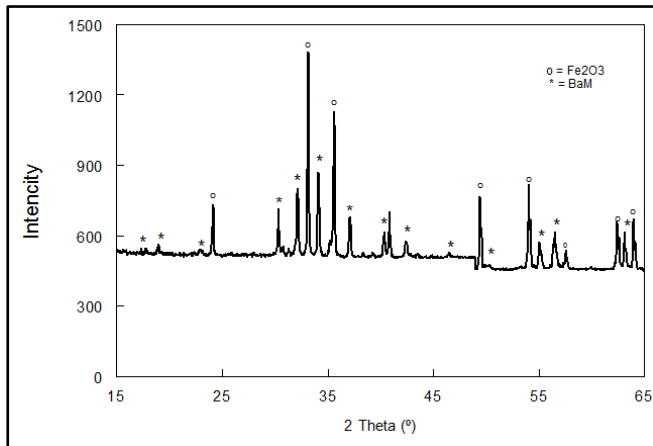
Dilarutkan Fe_3O_4 yang berasal dari batuan besi yang telah diekstrak menjadi pasir besi kedalam HCl (37 %), BaCO_3 dilarutkan dalam HCl sampai warna menjadi bening tidak terdapat endapan, begitu juga untuk serbuk Zn. Hasil dari larutan Fe_3O_4 ini akan disaring sehingga larutan FeCl_3 , FeCl_2 , dan H_2O dapat dipisahkan dari endapan yang tidak larut dalam HCl. Ketiga larutan Fe_3O_4 , BaCO_3 dan Zn dicampur menggunakan *magnetic stirrer* selama 45 menit dengan temperature penahan 70 °C. Hasil pencampuran ini diperoleh larutan yang bersifat asam pada pH \approx 3, kemudian ditambahkan larutan basa NH_4OH sedikit demi sedikit sampai pH \approx 13 (basa). Proses hidrolisis ini akan menghasilkan endapan yang dilanjutkan dengan proses penetralisasi dengan menambahkan aquades sampai pH \approx 10. Prekursor hasil pengendapan merupakan material $\text{BaFe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$ yang akan dilakukan proses kalsinasi 1000 °C sesuai dengan penelitian Ramli, 2012, untuk memperoleh material BaM. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini, dimana kalsinasi ini bertujuan untuk menyeragamkan (homogenisasi) ukuran partikel.



Gambar 4.3 Material BaM

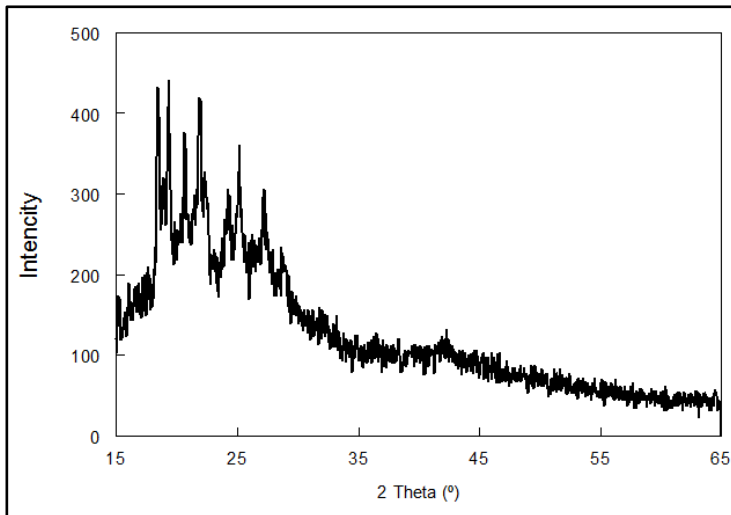
Pembuatan material RAM (*Radar Absorbing Material*) ini dilakukan dengan pemberian dopan ion Zn^{2+} , sehingga akan terbentuk $\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$ berbasis batuan besi Tanah Laut Kalimantan selatan. Kemudian disintesis dengan metode kopresipitasi pada temperature kalsinasi $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan *holding time* (waktu penahanan) selama 5 jam. Pemberian konsentrasi dopan Zn dengan $x = 0,3$ dipilih berdasarkan penelitian (Rosyidah, 2013) yang dilakukan dengan menggunakan pasir besi Tulungagung, dihasilkan hasil yang maksimum pada sintesis dan karakterisasi struktur. Pemberian dopan Zn ini digunakan untuk merekayasa sifat kemagnetan Barium M-Hexaferrit dengan syarat jari-jari ion yang dimiliki Zn^{2+} dan Fe^{3+} hampir sama yakni $0,074\text{ nm}$ dan $0,065\text{ nm}$ (Ramli, 2012), serta Zn^{2+} memiliki gaya jtarik menarik yang kuat dibandingkan dengan Fe^{3+} pada keadaan tetrahedral. Keberadaan ion Zn^{2+} yang menggantikan ion Fe^{3+} pada BaM tidak mengubah struktur kristalin BaM.

Dalam penelitian ini, identifikasi fasa yang dilakukan pada sampel BaM dan PANi (polianilin) dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) pada rentan sudut 2θ yakni 15° - 65° serta sumber radiasi yang digunakan yakni Cu- $\text{K}\alpha$ dengan panjang gelombang 1.54056 , sehingga akan dihasilkan pola XRD yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Pola difraksi sinar X material BaM

Dari data tersebut secara umum dapat dilakukan 2 analisa yakni analisa data kuantitatif dan analisa data kualitatif. Analisa data kualitatif dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Match2!* sehingga diketahui puncak-puncak dengan komposisi fasa, yakni dihasilkan BaM [PDF 96-900-8138] 36,3 % dan Hematit [PDF 96-101-1241] 63,7 % serta didapatkan nilai derajat kristalisasi sebesar 78,70 % dan amorf sebesar 21,30%. Sedangkan untuk analisa data kuantitatif dengan menggunakan analisis *Rietveld* diperoleh parameter kecocokan (Gof) 2.3 yang menunjukkan tingkat kesesuaian cukup tinggi dengan pola difraksi model.



Gambar 4.5 Pola difraksi sinar X PANi

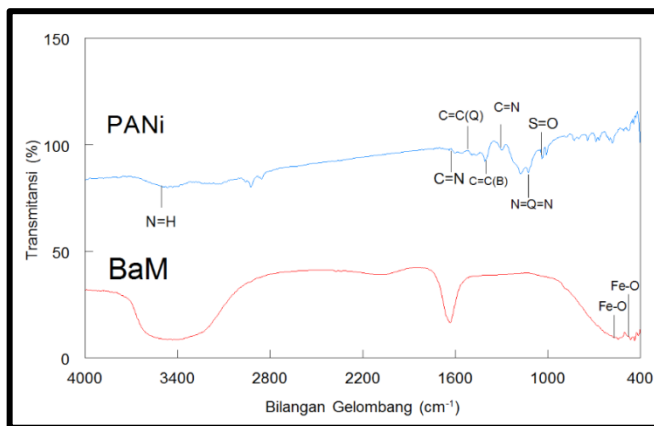
Telah dilakukan penelitian oleh (Maddu, 2008) tentang sintesis dan karakterisasi PANi menggunakan metode polimerisasi dengan HCl menghasilkan tiga puncak difraksi pada sudut 2θ adalah $14,5^\circ$; $19,6^\circ$ dan $25,5^\circ$, sedangkan pada penelitian ini pola difraksi polianilin (PANi) yang terbentuk, yakni fasa semikristalin pada puncak 18° , 20° dan 25° , ditunjukkan pada Gambar 4.4. Didapatkan nilai derajat kristalisasi dengan menggunakan perangkat lunak *Match2!* sebesar 35,56 % fasa Kristal dan 63,44 % fasa amorf. Dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran nilai yang dihasilkan pada pola difraksi, dikarenakan faktor instrumen dan faktor polimerisasi dalam pembentukan polimer konduktif.

4.2 Analisis Model Ikatan Molekul

Proses pembuatan polianilin dengan bahan dasar monomer anilin yang disintesis dengan menggunakan metode polimerisasi (rekayasa pengubahan dari monomer menjadi polimer pada suhu 0°C). Dimana monomer yang terdiri dari DBSA dan anilin akan

menghasilkan larutan putih keruh, sedangkan larutan inisiator (APS) akan menghasilkan larutan putih jernih. Kemudian pada larutan DBSA dan anilin dimasukkan pada styrofoam yang berisi air es untuk dilakukannya proses polimerisasi dengan diberikan larutan inisiator secara perlahan sehingga akan terjadi perubahan warna menjadi hijau tua, ini menunjukkan terbentuknya reaksi kimia (timbul ikatan) yaitu proses inisiasi. Untuk melakukan identifikasi jenis ikatan dan gugus fungsi yang terbentuk pada sampel BaM dan PANi dilakukan pengujian FTIR.

Dari hasil pengujian FTIR yang telah dilakukan, akan terbentuk ikatan dari material PANi (polianilin) dan BaM. Dimana bilangan gelombang yang muncul akan dibandingkan dengan hasil referensi yang sudah ada. Pada keadaan *steatching metal-oxide* berada pada panjang gelombang 440 cm^{-1} dan 585 cm^{-1} (Kanagesan, S., 2010), sedangkan pada hasil penelitian ini terbentuknya material BaM pada bilangan gelombang 435 cm^{-1} dan $543,89\text{ cm}^{-1}$. Ikatan antar atom yang terbentuk seperti Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Spektrum FTIR BaM dan PANi

Dapat dilihat hasil bilangan gelombang (cm^{-1}) yang terbentuk pada material PANi dan BaM dengan bilangan hasil referensi di bawah ini.

Tabel 4.2 Data Spektroskopi FTIR

Ikatan Senyawa	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Keadaan (cm^{-1})
<i>Metal-oxide</i>	440	435
<i>stretching</i> (Fe-O)	585	543,89
N = H <i>stretching</i>	3427	3463
C = N <i>stretching</i>	1639	1639
C = C (Q) <i>stretching</i>	1576	1554,54
C = C (B) <i>stretching</i>	1482	1465,8
C - N <i>stretching</i>	1307	1299,3
N=Q=N <i>stretching</i>	1130	1126,35
S=O <i>stretching</i>	991	1010,63

*Data pembandingan (Yang, 2010; Ma, 2010; Kanagesan, S., 2010)

Pada tabel 4.2 ditunjukkan hasil pengujian FTIR bahwa, bilangan gelombang PANi yang dihasilkan relatif sama dengan referensi yang digunakan yakni berupa garam emeraldin, dikarenakan garam emeraldin memiliki nilai konduktivitas yang paling baik dari keempat fasa polianilin yang ada, diantaranya basa leukoemeraldin, garam leukoemeraldin, basa emeraldin, emeraldin teroksida. Akan tetapi terdapat bilangan gelombang yang terjadi pergeseran, dikarenakan faktor instrumen dan faktor polimerisasi dalam pembentukan polimer konduktif. Pembentukan garam emeraldin ini ditimbulkan adanya konsentrasi dopan DBSA yang ditujukan adanya ikatan yang terbentuk yakni S = O *stretching*, sedangkan keadaan basa emeraldin akan terbentuk tanpa adanya doping (Abia, 2006).

4.3 Analisis Sifat Kemagnetan

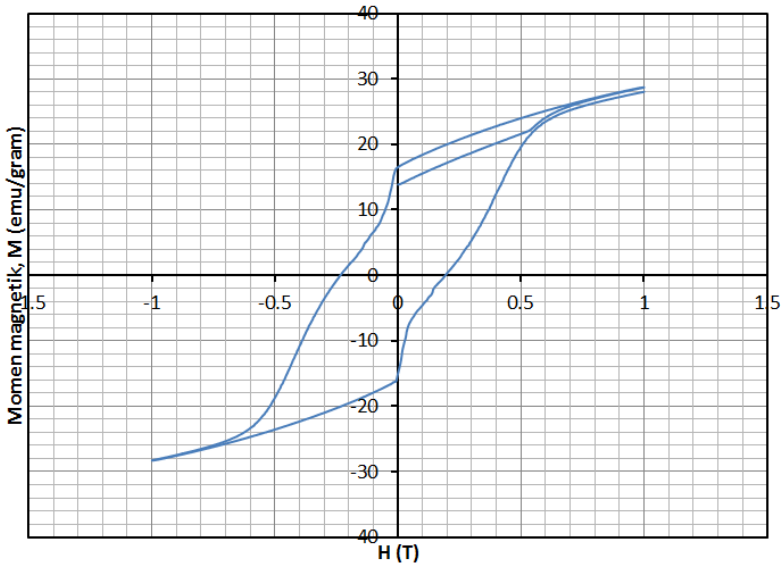
Pada penelitian ini sifat kemagnetan Barium M heksaferit dilakukan pengujian dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Hal tersebut dikarenakan sifat kemagnetan dari bahan BaM ditentukan dari nilai parameter kemagnetan, berdasarkan magnetisasi saturasi (M_s), Magnetisasi remanensi (MR) dan nilai medan koersivitas (H_c). Bahan magnetik material M heksaferit disintesis dari bahan magnetik Fe_3O_4 hasil sintesis batuan besi Tanah Laut Kalimantan Selatan yang direkayasa secara ionik melalui mekanisme kopresipitasi doping ion Zn untuk membentuk struktur Barium M Heksaferit ($BaFe_{11.7}Zn_{0.3}O_{19}$). Bahan Material Fe_3O_4 merupakan bahan *ferromagnetic* (bahan magnetik keras) dengan nilai saturasi magnetisasinya mencapai 65 emu/gr. Akibat adanya rekayasa ionik Zn pada struktur tersebut mampu mereduksi kemagnetan material dari hardmagnetik (magnet keras) menjadi bahan softmagnetik (magnet lunak). Pada umumnya bahan magnetik barium heksaferit tipe M (BaM) tanpa rekayasa Zn termasuk jenis Hardmagnetik.

Ion besar seperti (Ba^{2+} dan O^{2+}) yang bersifat non magnetic sedangkan ion Fe^{3+} yang menempati posisi intertisi bersifat magnetik dengan nilai momen magnetic 5 μB (Kharismayanti, et al, 2015). Karakteristik yang dimiliki dari BaM yakni sifat magnet keras (*Hard Magnetic*), medan remanensi (M_r) yang tinggi, medan koersivitas (H_c) yang tinggi, dimana bergantung pada ukuran partikel, semakin halus ukuran partikel maka koersivitas yang dihasilkan akan semakin besar, magnetisasi saturasi (M_s) yang rendah, serta memiliki sifat kimia yang stabil dan tahan terhadap korosi.

Material Barium M Heksaferit (BaM) termasuk jenis hardmagnetik (magnet keras) yang memiliki kemampuan penyerapan gelombang radar khususnya pada range *X-band* sangat rendah. Untuk mengoptimalkan penyerapan gelombang radar dengan doping ion Zn sehingga sifat kemagnetan tereduksi

menjadi bahan softmagnetik. Penurunan tersebut dikarenakan sifat Zn yang bersifat Diamagnetik sehingga mampu memanipulasi sifat kemagnetan dari M heksaferit. Dimana bahan *softmagnetic* (magnet lunak) memiliki nilai koersivitas (H_c) yang kecil, nilai medan remanensi (M_r) kecil dan nilai medan saturasi (M_s) yang besar, serta memiliki energi yang kecil. Sehingga sifat kemagnetan mudah direkayasa dengan cara dimagnetisasi (mudah mengalami magnetisasi) dan demagnetisasi, artinya kemagnetan mudah untuk dibuat dan mudah untuk dihilangkan.

Kurva histerisis yang terbentuk dari material $BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$ dengan doping Zn^{2+} dan pemberian waktu penahanan 5 jam (*Holding time*) pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.7 kurva histerisis magnetik

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sukma, 2014) bahwa nilai magnetisasi Barium M Heksaferit ($BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$) tanpa doping Zn^{2+} dengan penahanan waktu (*Holding Time*) 5 jam dihasilkan nilai magnetisasi remanensi (M_r) sebesar 44 emu/gr serta nilai koersivitas magnetik (H_c) sebesar 0.3 T. Sedangkan

pada penelitian ini dilakukan dengan doping Zn^{2+} dihasilkan kurva histerisis yang dapat dilihat pada gambar 4.7 terlihat bahwa nilai medan koersivitas (H_c) yang dihasilkan adalah 0.25 T, medan remanensi (M_r) adalah 16 emu/gr, dan nilai medan saturasi adalah 26 emu/gr. Dapat dikatakan jika terdapat penurunan medan koersivitas maka nilai remanensi akan menurun. Ini menunjukkan terjadinya penurunan pada nilai koersivitas magnetik karena adanya doping Zn yang menyebabkan perubahan sifat kemagnetan menjadi *Softmagnetic*.

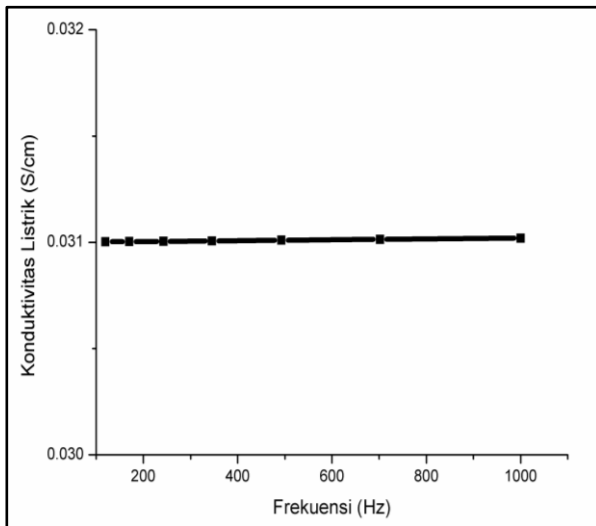
4.4 Analisis Konduktivitas Listrik

Penelitian ini juga dilakukan sintesis bahan polimer konduktif dengan menggunakan bahan dasar monomer anilin yang diproses dengan metode polimerisasi, sehingga akan menghasilkan polianilin (PANi). Pengujian konduktivitas ini dilakukan dengan menggunakan metode two poin probe pada frekuensi antara 0.1 – 100.000 GHz, yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menghantarkan arus listrik pada material PANi (Polianilin). Berdasarkan sifat listriknya polimer dibagi menjadi dua, yakni polimer konduktif dan polimer isolatif. Dimana material PANi hasil sintesis tergolong pada polimer konduktif (polimer yang memiliki sifat kelistrikan dan mampu untuk menghantarkan arus listrik seperti halnya logam).

Besarnya nilai konduktifitas PANi (Polianilin) yang dihasilkan tergantung pada proses polimerisasi diantaranya temperature yang digunakan, konsentrasi pH, lamanya waktu proses polimerisasi, konsentrasi inisiator larutan (APS) dan monomer pendoping antara DBSA dan Anilin. Struktur yang umum terbentuk pada polianilin terdiri dari dua gugus yakni gugus dalam bentuk tereduksi (didalamnya terdapat dua cincin benzoid) dan gugus dalam bentuk teroksidasi (dalamnya terdapat satu cincin quinoid). Sedangkan pada keadaan garam emeraldin didapatkan dari proses protonasi basa emeraldin yang menyebabkan terjadinya cacat rantai dalam bentuk pasangan

dikation (bipolaron) yang berperan sebagai pembawa muatan karena adanya pengikat dopan A^- . Dimana proses protonasi berlangsung karena adanya penarikan ion H^+ yang terdapat dalam larutan asam oleh pasangan eletron bebas dari atom N yang terikat secara imin dengan cincin quinoid pada gugus teroksidasi basa emeraldin, (Asrosi, 2000).

Pada Gambar 4.8 di bawah ini menunjukkan hasil pengujian konduktivitas listrik, hubungan antara konduktivitas dengan frekuensi



Gambar 4.8 Grafik hubungan konduktivitas terhadap frekuensi

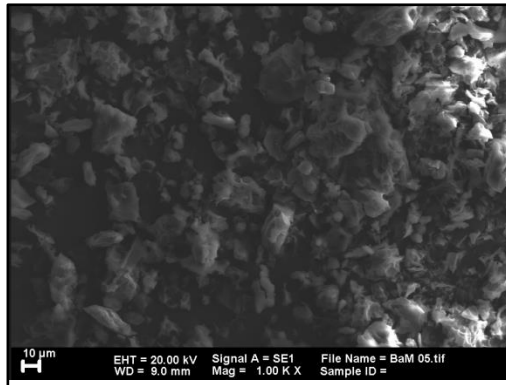
Derajat konduktivitas garam emeraldin bergantung pada tingkat doping yang diberikan yaitu jumlah proton (H^+) yang didopirkan ke struktur emeraldin tersebut. Kemampuan PANi dalam menghantarkan listrik terjadi karena adanya ikatan elektron yang berpindah ketingkat energi yang lebih tinggi, dengan energi gap yang dimiliki 1.02 eV. Serta tingkat oksidasi dihasilkan tergolong dalam emeraldin base (garam emeraldin) yang

mengalami setengah oksidasi dengan nilai konduktivitas pada tingkat semikonduktor pada rentan 10^{-7} s/cm – 100 s/cm, tetapi lebih rendah dari logam yakni pada rentan $> 10^4$ s/cm (Prastiwi, 2012).

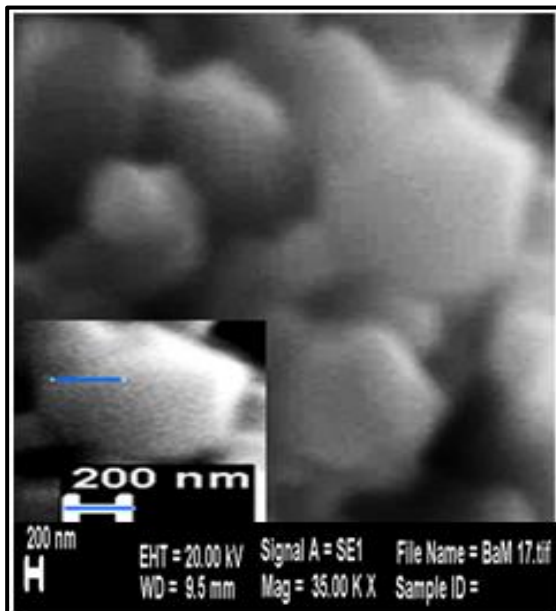
Pada penelitian ini bahan PANi (polianilin) yang dihasilkan tergolong material yang bersifat semikonduktor, dikarenakan nilai konduktivitas yang dihasilkan 0.031 s/cm. Dimana material semikonduktor memiliki kemampuan yang baik dalam penyerapan gelombang mikro, karena dapat mengubah energi gelombang mikro yang dipancarkan pada material dengan pelapisan material dari perpaduan fraksi massa PANi dan BaM, maka akan terbentuk medan listrik sehingga akan menimbulkan arus pada permukaan yang dapat mengkonversikan menjadi panas.

4.5 Analisis Mikrostruktur Material

Dilakukan analisis stuktur morfologi material dengan menggunakan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui bentuk dan ukuran bahan RAM yang telah dibuat. Hasil pengamatan SEM dengan menggunakan perbesaran 1000 kali distribusi partikel belum terlihat, sehingga dilakukan dengan perbesaran 35.000 kali untuk menganalisa distribusi partikel tersebut dengan dihasilkan bentuk morfologi partikel BaM adalah hexagonal. Dimana sesuai dengan kode data base 1008326 yang mengacu pada data *Cystallographic Information File* (CIF), kemudian dimasukkan pada *software* diamond sehingga akan didapatkan informasi sistem kristal hexagonal yang sesuai dengan nilai space group P 63 / mmc dengan nilai (194), dengan cell parameter $a = b = 5,929(1) \text{ \AA}$ dan $c=23,413(1) \text{ \AA}$, yang mempunyai kecenderungan memanjang pada sumbu c. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 dibawah ini.



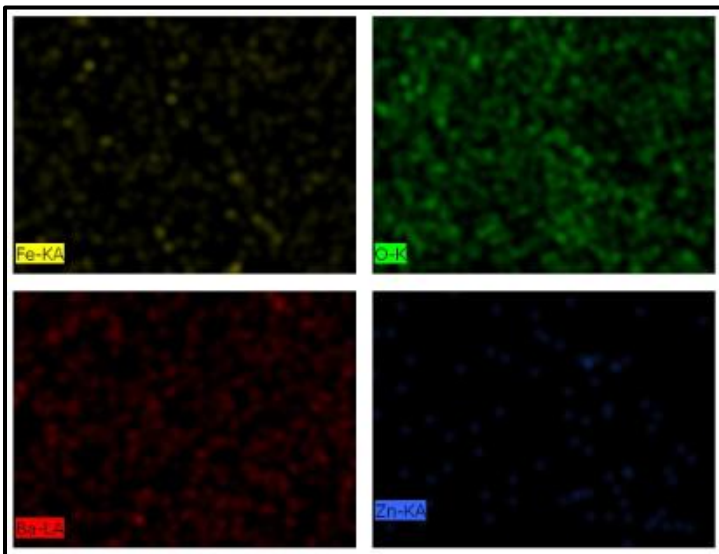
Gambar 4.9 Hasil pengamatan dengan SEM material Barium M Heksaferrit doping Zn perbesaran 1000 kali



Gambar 4.10 Hasil pengamatan dengan SEM material Barium M Heksaferrit doping Zn pebesaran 35000 kali

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa bentuk morfologi partikel BaM adalah heksagonal tetapi tidak sempurna dan membentuk multi partikel, dikarenakan terdapat fasa lain selain hematit. Dari identifikasi fasa pada hasil XRD dihasilkan bukan fasa tunggal melainkan dua fasa yakni BaM dan α Fe_2O_3 (Hematit). Ukuran partikel BaM yang dihasilkan yakni $0.4\ \mu\text{m}$ – $0.5\ \mu\text{m}$.

Pengujian SEM EDX digunakan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif sebaran elemen-elemen yang terkandung pada material BaM. Dari sini kita dapat membuat *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan pemberian warna pada masing-masing elemen di permukaan material. Dapat dilihat hasil pengujian SEM EDX pada film Gambar 4.11 di bawah ini



Gambar 4.11 Hasil pengamatan dengan SEM EDX partikel BaM

Dihasilkan persebaran elemen-elemen pada Gambar 4.11 menunjukkan kandungan dari material BaM yang ditunjukkan dengan warna merah (Ba), kuning (Fe), Hijau (O) dan biru (Zn).

Dimana keempat material ini tersebar secara merata pada struktur heksagonal sebagai elemen pembentuk BaM. Presentasi persebaran elemen Ba, Fe, Zn dan O dapat terlihat pada tabel 4.3 dibawah ini dengan prosentasi terbesar yaitu elemen O sebesar 97.16 %. Pada keadaan ini terdapat elemen Zn yang menunjukkan bahwa material BaM (Barium M Heksaferit) telah terdoping dengan Zn menjadi $(\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19})$.

Tabel 4.3 Presentasi persebaran elemen penyusun BaM

Elemen	Nomor atom	Atom (at. %)
O	8	97,16
Fe	26	0,84
Zn	30	1,01
Ba	56	1,00
Total		100.00

Dilakukan pelapisan tunggal (*single layer*) pada baja AH36 dengan komposisi material PANi dan BaM. Terdapat dua ikatan yang akan terbentuk diantaranya ikatan antara PANi dan BaM sebagai *filler* (penguat) dan ikatan antara cat pada baja sebagai matriks. Antara kedua ikatan tersebut dapat terjadi ikatan antar muka matriks dengan *filler* maupun ikatan antara matriks dengan baja, terbentuknya ikatan ini disebabkan melalui mekanisme *secondary bonding*. Dapat dilihat pada gambar 4.13 yang menunjukkan hasil pengamatan SEM EDX pelapisan tunggal (*single layer*), dimana pada keadaan ini tidak menghasilkan fasa baru melainkan ikatan antar muka material PANi dan BaM. Dihasilkan persebaran elemen-elemen yang ditunjukkan adanya elemen BaM dan PANi, dimana elemen BaM ditunjukkan dengan warna kuning (Fe), hijau (O), merah (Ba) dan biru (Zn), sedangkan elemen PANi ditunjukkan dengan warna hitam.



Gambar 4.12 Hasil pengamatan SEM EDX PANi dan BaM

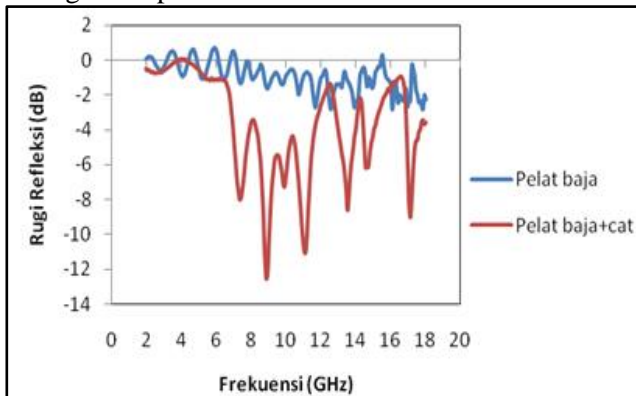
4.6 Analisis Penyerapan Gelombang Mikro

RAM (*Radar Absorber Material*) merupakan material penyerap radar dengan sifat magnetik dan sifat listrik yang baik, serta memiliki kemampuan untuk meminimalkan refleksi gelombang elektromagnetik dari pelat logam. Dimana gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terbentuk oleh medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus. Banyak penelitian yang telah dilakukan bahwa ferit dengan struktur hexagonal seperti halnya barium M hexaferit (BaM) mampu untuk melakukan penyerapan yang baik terhadap gelombang mikro yang dipancarkan pada logam dengan pelapisan tunggal (*single layer*) (Feng, 2007). Sehingga pada penelitian ini, digunakan Barium M Heksaferit ($\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$) sebagai material yang memiliki sifat kemagnetan dan PANi (Polianilin) sebagai material yang memiliki sifat kelistrikan. Dari material ini diharapkan dapat melakukan penyerapan gelombang mikro pada rentan x-band yakni 8.2 GHz – 12.4 GHz agar dapat diaplikasikan pada teknologi pesawat terbang, tank, kapal selam dan teknologi militer yang baik. BaM merupakan material M Heksaferit yang dapat digunakan untuk penyerapan gelombang

mikro karena memiliki rugi listrik dan rugi magnetik pada frekuensi penyerapan, berada pada frekuensi X-band yakni 8.2 GHz – 12.4 GHz, sedangkan pada rentan frekuensi Ku-band berada pada frekuensi 12 GHz – 18 GHz, (Ting Zu-Hao, Kuo-Hui Wu, 2010)

Pelapisan material baja AH36 terdiri dari material RAM yakni BaM dan PANi sebagai *filler* dan cat sebagai perekat (*binder*) dengan pelapisan *single layer* yang memiliki ketebalan 4 mm dengan metode *dallenbach layer* (Amalia, 2014). Dimana metode pelapisan *dallenbach layer* terdiri dari pelapisan yang sama dengan struktur pelapisan yang dilakukan pencampuran secara homogen. Identifikasi penyerapan gelombang mikro yang dilakukan dengan pengujian *Vector Network Analyzer (VNA)* akan dihasilkan nilai rugi refleksi (*Reflection Loss*) material yang dilakukan pada material baja sebelum pelapisan dan sesudah dilapisakan dengan cat, serta sesudah dilapiskan dengan material RAM dan cat.

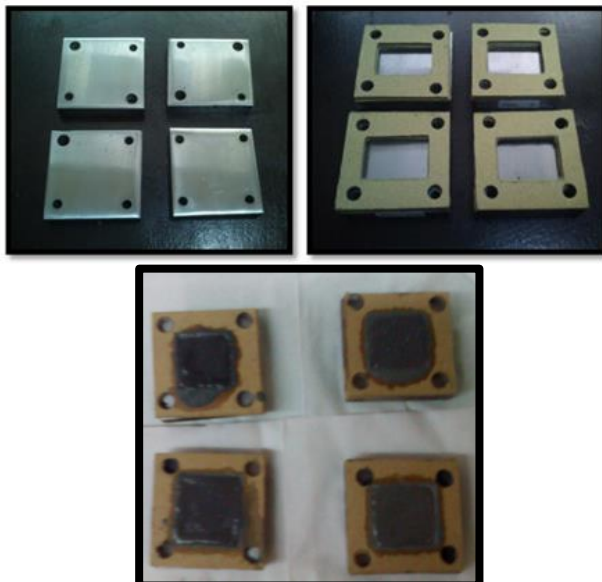
Pada Gambar 4.13, yang menunjukkan grafik rugi refleksi pada pelat baja sebelum dilakukan pelapisan dan sesudah pelapisan dengan cat pada daerah frekuensi 0 GHz – 20 GHz.



Gambar 4.13 Grafik rugi refleksi pelat baja, pelat baja + cat

Dari Gambar 4.13 diatas, nilai rugi refleksi yang dihasilkan pada plat baja sebelum dilakukan pelapisan dengan cat adalah -2.84 dB, ini menunjukkan bahwa pelat baja tanpa adanya pelapisan memiliki kemampuan penyerapan yang kurang baik terhadap gelombang mikro dan mampu untuk memantulkan gelombang yang datang (gelombang mikro). Sedangkan ketika dilakukan pelapisan dengan menggunakan cat pada baja AH36 nilai rugi refleksi akan semakin kecil yakni -12.55 dB, menunjukkan kemampuan penyerapan gelombang mikro semakin bertambah (Amalia, 2014).

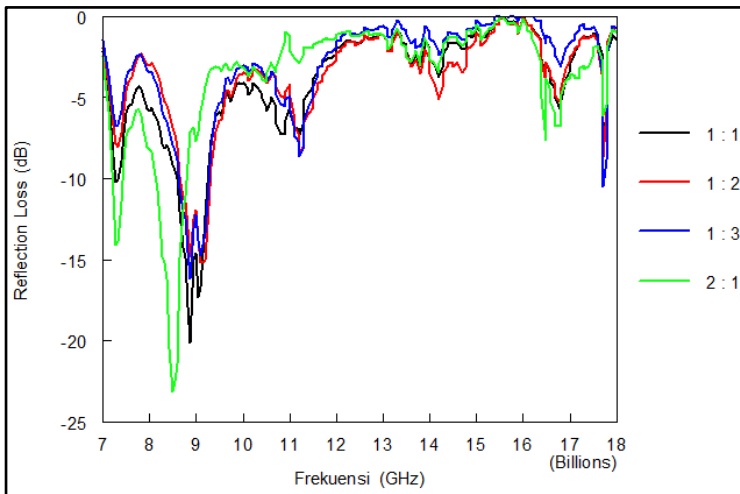
Dilakukan pelapisan pada material baja AH36 dengan menggunakan material anti radar (RAM) PANi dan BaM dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1 seperti pada Gambar 4.14 Di bawah ini dengan metode tuang.



Gambar 4.14 pelapisan material PANi dan BaM dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1

Material PANi dan BaM sebelum dilapiskan pada plat baja AH36, dilakukan pencampuran dengan cat sebagai perekat (*binder*), dimana material tersebut dibuat dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 dan 2 : 1. Pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan *mixer* berkecepatan ± 8000 rpm bertujuan untuk menghindari adanya aglomerasi (penggumpalan). Pada material ini akan dilakukan pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk mengetahui penyerapan gelombang mikro pada rentang frekuensi *x-band* yakni 8.2 GHz – 12.4 GHz sehingga dapat di aplikasikan pada pesawat siluman, tank, kapal siluman dan teknologi militer.

Berikut ini grafik hubungan antara rugi refleksi dengan frekuensi pada rentan 7 GHz – 18 GHz.

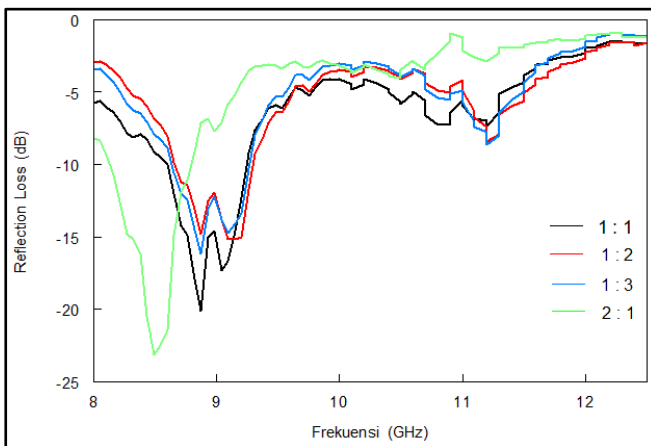


Gambar 4.15 Grafik hubungan rugi refleksi dengan frekuensi pada pelapisan *single layer* dengan perbandingan PANi dan BaM 1:1, 1:2, 1:3 dan 2:1

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai rugi refleksi (*Reflection Loss*) dari material BaM dan PANi yang mampu

menyerap gelombang radar sehingga akan mengurangi energi yang dipantulkan kembali ke radar dengan dua cara yakni struktur dan desain material anti radar. Mekanisme serapan gelombang radar yang dibagi menjadi dua, yakni serapan gelombang radar yang bersifat pasif dan aktif. Dimana pada saat penyerapan gelombang pasif terjadi jika gelombang elektromagnetik yang dipantulkan akan dikonversikan menjadi panas, sedangkan penyerapan gelombang aktif akan timbul interferensi yang menyebabkan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melemah, sehingga material yang dilapisi material anti radar (RAM) tidak dapat terdeteksi oleh radar.

Gambar 4.16 menunjukkan Penyerapana gelombang mikro pada rentan frekuensi *x-band* yakni 8,2 GHz – 12,4 GHz.



Gambar 4.16 Grafik hubungan rugi refleksi dengan frekuensi pada rentan frekuensi *x-band*

Pada Gambar 4.16 di atas menunjukkan grafik rugi refleksi pelapisan *single layer* terhadap frekuensi dengan rentan X-band yakni 8.2 – 12.4 GHz. Apabila cat dicampur dengan material penyerap radar, maka kemampuan penyerapan akan semakin meningkat. Berdasarkan nilai rugi refleksi yang didapatkan dari

hasil penyerapan terhadap gelombang mikro dengan menggunakan hubungan antara frekuensi (GHz) dengan rugi refleksi (*Reflection loss*) tidak terjadi pelebaran pita melainkan terjadi pergeseran rage.

Hubungan antara frekuensi dan rugi refleksi yang dihasilkan pada setiap sampel dengan perbandingan PANi dan BaM 1 : 1 menghasilkan rugi refleksi -20,1dB yang berada pada frekuensi 8.8 GHz, perbandingan 1 : 2 menghasilkan rugi refleksi -15,2 dB yang berada pada frekuensi 9 GHz, rugi refleksi perbandingan 1 : 3 berada pada -16,2 dB dengan frekuensi 8,9 GHz dan pada perbandingan 2 : 1 dihasilkan nilai rugi refleksi -23,1dB pada frekuensi 8,5 GHz. Sehingga sampel yang memiliki rugi refleksi maksimum terdapat pada material dengan perbandingan PANi dan BaM 2 : 1. Ini menunjukkan bahwa dengan penambahan material konduktif (PANi) dapat meningkatkan penyerapan terhadap gelombang mikro yang ditunjukkan dengan nilai negatif pada rugi refleksi, dikarenakan apabila gelombang elektromagnetik yang dipancarkan mengenai material yang memiliki sifat konduktivitas (PANi), maka akan muncul muatan yang terinduksi, yang terjadinya pergerakan muatan tersebut menghasilkan arus dan arus akan dikonversikan menjadi panas, sehingga arus tersebut akan merubah menjadi energi termal. Sedangkan pada material BaM dengan doping Zn yang bersifat *softmagnet* diberikan medan magnet dari luar, maka akan mudah untuk dimagnetisasi, ketika medan magnet itu dihilangkan maka sifat kemagnetan akan hilang dan proses tersebut akan berubah menjadi energi panas, sehingga gelombang elektromagnetik yang datang akan sulit untuk dipantulkan.

Semakin besar nilai negatif pada rugi refleksi maka daya serap material terhadap gelombang mikro akan semakin tinggi. Akan tetapi nilai rugi refleksi yang tinggi tidak selamanya menghasilkan penyerapan yang tinggi dikarenakan tidak semua gelombang mikro yang dipancarkan pada material akan diserap, melainkan juga direfleksikan dan ditransmisikan (Rinata, et al., 2011). Dapat dilihat pada tabel 4.4 nilai rugi refleksi yang

dihasilkan dari perbandingan material RAM yakni PANi dan BaM.

Tabel 4.4 Hasil nilai rugi refleksi material PANi dan BaM

No	Material	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)
1.	Baja AH36	-2,84	12
2.	Baja AH36 dengan pelapisan cat	-12,55	9
3.	Perbandingan material PANi dan BaM	1 : 1	8.8
		1 : 2	9
		1 : 3	8.9
		2 : 1	8.5

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari data yang diperoleh hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Material $\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$ yang didapatkan dari hasil sintesis material BaM doping Zn^{2+} dengan metode kopresipitasi dihasilkan komposisi BaM 36,3 % dan Hematit 63,7 % serta didapatkan nilai derajat kekristalan sebesar 78,70 % dan amorf sebesar 21,30%.
2. Dihasilkan material $\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$ berstruktur heksagonal dengan medan koersivitas 0.25 T, medan remanensi 16 emu/gr dan nilai medan saturasi adalah 26 emu/gr.
3. Dihasilkan fasa kristal material PANi sebesar 35,56 % dan fasa amorf 63,44 % konduktivitas listrik Polianilin (PANi) dengan menggunakan metode polimerisasi yaitu 0.031 S/cm.
4. Nilai rugi refleksi (*reflection loss*) terbesar dihasilkan dari perbandingan fraksi massa PANi dan BaM pada pelapisan *single layer* 2 : 1 yaitu -23,1 dB pada frekuensi 8.5 GHz.

5.2 Saran

Saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah menggunakan material *radar absorbing material* dengan menggunakan BaM yang dipadukan pada material konduktivitas PANi pada pelapisan *single layer* dan material konduktif karbon pada pelapisan *double layer* dan *multilayer* dengan perbandingan fraksi massa.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S., Triwikantoro, (2010), “ *Sintesis Silika Amorf Berbasis Pasir Alam Slopeng Menggunakan Metode Alkalifusion*”. ITS, Surabaya.
- Abia, A.J., (2006), “*Polyaniline and Its Derivatives for Environmental Analysis*”, Tesis, East Tennessee State U, East Tennessee.
- Amalia, L., (2014) “Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M- Heksaferrit sebagai Radar Absorbing Material” Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Asrori, M. Z. 2000. *Fisika Polimer*. Surabaya, Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Drmota A, Znidarsic A, (2010), “*Synthesis of strontium hexaferrite nanoparticles prepared method and microemulsion processing*” Jurnal of physics.
- Feng, Y. B., Qiu T., Shen. Y., (2007), “*Absorbing Properties and Stuctural Design of Microwave Absorbers Based On Carbonly Iron and Barium Ferrite*” *Journal Of Magnetism and Magnetic Material* 318.
- Gill, B. S, (2012), “*effect of particle size o the magnetic properties of barium hexaferrite bonded magnets*” Thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the award of the degree of master of technology in material an metallurgical engeneering, Patiala (Punjab).
- Kanagesan, S. et al, (2010), “*Magnetic Hysterisis Property Of Barium Hexaferrite Using D-Fructose As A Fuel*” *Journal Of Materials Science and Engineering*, India Volume 4 no. 9.

- Khan Salma and Shruti P, (2014), "*Polyaniline nanocomposites with doped ferrites as an electromagnetic shield*" International journal of development research vol. 4, Issue, 7, pp. 1371-1376, india.
- Kharismayanti, et al., (2015), "Pengaruh Komposisi Bahan Baku Secara Stoikiometri and non stekiometri Terhadap Sifat Fisi dan Magnet Pada Pembuatan Magnet Permanen $\text{BaO}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$ " Departemen Fisika Fakultas FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Maddu, A., (2008), "Sintesis dan Karakterisasi Nanoserat Polianilin" Jurusan Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ma, RT., Zhao, H.T. dan Zhang, G., (2010), "Preparation, characterization and microwave absoption properties of polyaniline/ $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanocompsite," Materials Research Bulletin, Vol. 45, pp. 1064-1068.
- Prastiwi, H., (2012), "Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Tembaga terhadap Sifat Listrik dan Sifat Optis Polianilin(PANi)", Laporan Skripsi Universitas Andalas, Padang.
- Ramli, I., (2012), "*Sintesis dan karakterisasi struktur, sifat magnet, dan listrik Barium M-Heksaferite/Polianilin berstruktur core-shell*," Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rezende, C.M, Inacio Malmonge M, Roselena Faez, (2002), "*Radar cross section measurements (8-12 GHz) of magnetic and dielectric microwave absorbing thin sheets*" Revista de fisica aplicada e instrumentacao vol 15 no 1.
- Rinata, A., Widyastuti, Purwaningsih, H., (2011), " Pengaruh Presentasi Berat Barium M Heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan

- Ketebalan Lapisan Terhadap Reflection Loss Pada Komposit RAM”.
- Rosyidah, K.C., (2013), “*Sintesis dan karakterisasi struktur, sifat magnet dan sifat listrik komposit Barium M-Heksaferit/Polianilin berstruktur core-shell berbasis pasir besi alam*,” Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Saily Jussi, Raisanen Antti V (2003), “*Studies on specular and non specular reflectivities of radar absorbing materials (RAM) at submillimetre wavelengths.*” Helsinki University of Technology Radio Laboratory Publications.
- Salma Khan and Shruti Peshoria, (2014), “*Polyaniline nanocomposites with doped ferrites as an electromagnetic shield*,” International Jurnal of Development Reseach. University of Delhi.
- Saville, P., (2005), “*Review of Radar Absorbing Materials*,” Defence R & D Canada, Canada.
- Sharma R, R.C.Agarwala, Vijaya Agarwala (2008), “*Development of electroless (Ni-P)/BANI_{0.4}Ti_{0.4}Fe_{11.2}O₁₉ nanocomposite powder for enhanced microwave absorption*,” Jurnal of alloys and compounds 467 (2009) 357-365.
- Sukma, Devi (2014), “*Sintesis Nanopartikel dan Karakterisasi Barium M Hexaferite Berbasis Batu Besi Tanah Laut Kalimantan Selatan dengan Variasi Doping Zn, Temperatur Kalsinasi dan Waktu Penahanan*”. Laporan Thesis.
- Sulistyo, (2012), “*Sintesis dan Karakteristik Material Magnetic Barium Hexaferit Tersubstitusi Menggunakan Teori Sol Gel Untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro Pada*

Frekuensi X-Band” Laboratorium Fisika Material
Jurusan Fisika Universitas Diponegoro Vol 15 no 2.

Ting Tzu-Hao, Kuo-Hui Wu, (2010), “Synthesis, Characterization of Polyaniline/BaFe₁₂O₁₉ Composites with Microwave Absorbing Properties,” *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, pp. 2160 – 2166.

Yang, C. C., Gung, Y. J., Hung, W. C., Ting, T. H., dan Wu, K. H., (2010), “Infrared and microwave properties of BaTiO₃/Polyaniline and BaFe₁₂O₁₉/Polyaniline composite,” *Compiste Science and Technology*, Vol 70, hal 466 – 471.

LAMPIRAN A
Proses Pembuatan Barium M Heksaferit.



Gambar 1. Larutan Zn



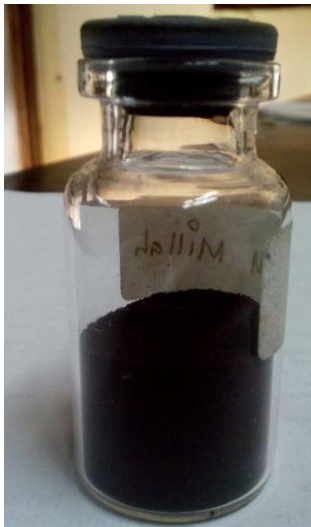
Gambar 2. Larutan BaCO₃



Gambar 3. Larutan Fe₃O₄



Gambar 4. Campuran ketiga larutan dengan ditesti NH₄OH



Gambar 5. Material BaM

LAMPIRAN B

Proses Pembuatan PANi



Gambar 1. Anilin + DBSA



Gambar 2. Larutan APS



**Gambar 3. Anilin + DBSA
Ditetesi larutan APS**



Gambar 4. Proses Polimerisasi

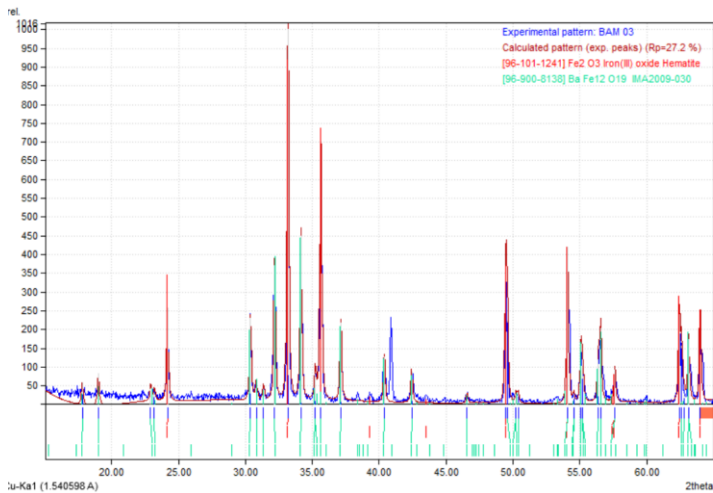


Gambar 5. Proses Polimerisasi



Gambar 6. Hasil PANi

LAMPIRAN C
Hasil XRD dengan perangkat lunak Maath



<i>Index</i>	<i>Amount</i>	<i>Name</i>	<i>Formula sum</i>
	(%)		
A	63.7	Iron(III) oxide Hematite	Fe ₂ O ₃
B	36.3	IMA2009-030	Ba Fe ₁₂ O ₁₉

A: Iron(III) oxide Hematite
(63.7 %)

Formula sum	Fe ₂ O ₃
Entry number	96-101-1241
Figure-of-Merit (FoM)	0.884875
Total number of peaks	25
Peaks in range	11
Peaks matched	9
Intensity scale factor	0.92
Space group	R -3 c
Crystal system	rhombohedral
Unit cell	a= 5.4300 Å α= 55.280°
I/Icor	3.58

Meas. density	5.259 g/cm ³
Calc. density	5.261 g/cm ³
Reference	Pauling L, Hendricks S B, "The Structure of Hematite", Journal of the American Chemical Society 47 , 781-790 (1925)

B: IMA2009-030
(36.3 %)

Formula sum	Ba Fe ₁₂ O ₁₉
Entry number	96-900-8138
Figure-of-Merit (FoM)	0.888391
Total number of peaks	177
Peaks in range	64
Peaks matched	33
Intensity scale factor	0.44
Space group	P 6 ₃ /m m c
Crystal system	hexagonal
Unit cell	a= 5.8930 Å c= 23.1940 Å
I/I _{cor}	3.05
Calc. density	5.291 g/cm ³
Reference	Townes W. D., Fang J. H., Perrotta A. J., "The crystal structure and refinement of ferrimagnetic barium ferrite, BaFe ₁₂ O ₁₉ ", Zeitschrift fur Kristallographie 125 , 437-449 (1967)
Peak List	

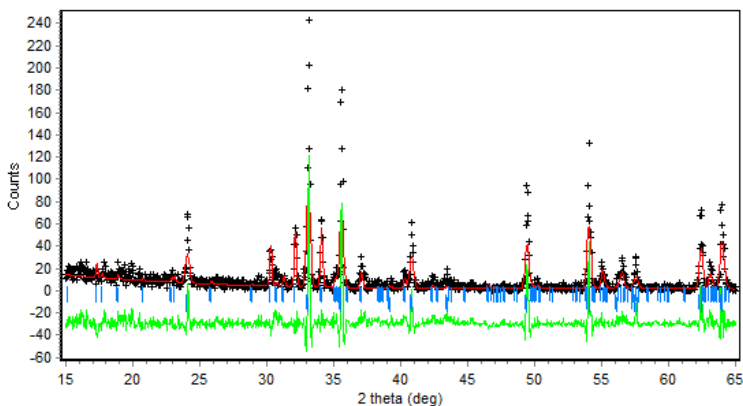
No.	2theta [°]	d [Å]	I/I ₀	FWHM	Matched
1	17.79	4.9822	58.33	0.1600	B
2	18.99	4.6694	82.32	0.1600	B
3	22.91	3.8792	41.68	0.1600	B

4	23.18	3.8336	30.76	0.1600	B
5	24.16	3.6812	257.95	0.1600	A
6	30.37	2.9411	230.29	0.1600	B
7	30.81	2.9002	51.70	0.1600	B
8	31.34	2.8522	40.21	0.1600	B
9	32.17	2.7798	371.56	0.1600	B
10	33.17	2.6985	1000.00	0.1600	A
11	34.14	2.6244	449.41	0.1600	B
12	35.22	2.5461	81.06	0.1600	B
13	35.63	2.5176	714.98	0.1600	A,B
14	37.13	2.4196	217.08	0.1600	B
15	40.38	2.2321	126.72	0.1600	B
16	42.42	2.1291	87.92	0.1600	B
17	46.57	1.9488	26.32	0.1600	B
18	49.47	1.8410	341.76	0.1600	A
19	49.57	1.8375	223.27	0.1600	B
20	50.23	1.8150	25.67	0.1600	B
21	50.38	1.8098	26.90	0.1600	B
22	54.08	1.6943	419.20	0.1600	A,B
23	54.55	1.6811	25.19	0.1600	B
24	55.08	1.6659	147.79	0.1600	B
25	55.21	1.6624	101.02	0.1600	B
26	56.39	1.6304	118.48	0.1600	B
27	56.55	1.6260	203.40	0.1600	B
28	57.61	1.5986	92.77	0.1600	A,B
29	62.44	1.4862	238.89	0.1600	A
30	62.61	1.4826	156.61	0.1600	B
31	62.81	1.4782	26.57	0.1600	B
32	63.14	1.4713	173.64	0.1600	B
33	64.00	1.4535	246.94	0.1600	A

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN C

Penghalusan Rietveld dengan perangkat lunak Rietika pada BaFeZnO



MOLAR PERCENTAGE OF PHASES:

PHASE 1: 2.49 0.33
PHASE 2: 97.51 9.94

WEIGHT PERCENTAGE OF PHASES:

9.43 1.22
90.57 8.96

Hist	Rp	Rwp	Rexp	Durbin Unwght	Durbin Wght	N-P
1	37.43	46.21	29.99	0.524	1.067	1191
SUMYDIF	SUMYOBS	SUMYCALC	SUMWYOBSQ	GOF	CONDITION	
0.4955E+04	0.1324E+05	0.1041E+05	0.1324E+05	0.2374E+01	0.1592E+23	

Phase: 1						
PHASE SCALE FACTOR	=	0.855075E-07	0.187707E-09	0.942748E-08		
OVERALL TEMP. FACTOR	=	0.000000	0.000000	0.000000		
CELL PARAMETERS	=	5.883966	0.000002	0.001821		
		5.883966	0.000002	0.001821		
		23.198168	-0.000088	0.011225		
		90.000008	0.000000	0.000000		
		90.000008	0.000000	0.000000		
		120.000015	0.000008	0.000000		
RECIPROCAL CELL	=	0.196	0.196	0.043	90.000	90.000 60.000
CELL VOLUME	=	695.543884	0.453845			
SCALE * VOLUME	=	0.000059	0.000007			
MOLECULAR WEIGHT	=	3903.941				
DENSITY	=	9.316				

```

-----+-----
|                               |
|      Phase:  2              |
|-----+-----+
PHASE SCALE FACTOR  = 0.771667E-050.528491E-080.562936E-06
OVERALL TEMP. FACTOR = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS     = 5.033660 -0.000002 0.001216
                     = 5.033660 -0.000002 0.001216
                     = 13.741209 0.000025 0.005151
                     = 90.000008 0.000000 0.000000
                     = 90.000008 0.000000 0.000000
                     = 120.000015 0.000000 0.000000
RECIPROCAL CELL     = 0.229 0.229 0.073 90.000 90.000 60.000
CELL VOLUME         = 301.524963 0.152944
SCALE * VOLUME      = 0.002327 0.000170
MOLECULAR WEIGHT    = 958.193
DENSITY             = 5.275

```

DERIVED BRAGG R-FACTOR= 23.76

BIODATA PENULIS



Penulis “Ainal Millah Assyahidah” merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di desa kentong, dsn. Kalimalang, kec. Glagah, kabupaten Lamongan pada tanggal 27 Juli 1993 dari pasangan Abdul Manaf dan Sumainah. Yang telah menempuh pendidikan formal diantaranya TK Aisyiyah Kalimalang, MI Al-Khoiriyah Kalimalang, MTsN

Lamongan, MAN Lamongan dan mendapatkan pendidikan non formal di Taman Pendidikan AL-qur'an (TPA) Kalimalang. Setelah lulus dari MAN Lamongan tahun 2011, penulis mengikuti jalur PMDK dengan beasiswa BIDIKMISI dan diterima di jurusan Fisika ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 1111100002. Selama menjadi mahasiswa Fisika ITS penulis aktif dalam mengikuti Organisasi baik jurusan maupun Institut, diantaranya staff Departemen PEREKONOMIAN HIMASIKA ITS selama 2 periode yakni pada tahun 2012-2013 dan 2013-2014, Departemen Sosial Masyarakat BIDIKMISI ITS tahun 2012-2013. Selain itu, penulis juga mengikuti magang asisten TPB Fisika Dasar dan Asisten Laboratorium Fisika Material tahun 2014/2015, mengikuti penelitian periode 2012/2013, serta mendapatkan penghargaan sepuluh besar karya ilmiah terbaik dari jurusan Fisika tahun 2011. Kritik dan saran dapat dikirim ke email : millah.firsyah@gmail.com

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”